

KARSZT- ÉS BARLANGKUTATÁS

(HIVATALOS KIADVÁNY)

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ОРГАН ВЕНГЕРСКОГО ОБЩЕСТВА
ПО ИССЛЕДОВАНИЮ КАРСТОВ И ПЕЩЕР

ORGANE OFFICIEL DE LA SOCIÉTÉ HONGROISE DE
SPELEOLOGIE

AMTLICHES ORGAN DER UNGARISCHEN GESELLSCHAFT
FÜR KARST- UND HÖHLENFORSCHUNG

OFFICIAL ORGAN OF THE HUNGARIAN SPELEOLOGICAL
SOCIETY

ORGANO UFFICIALE DELLA SOCIETÀ UNGHERESE
DI SPELEOLOGIA

1975–1980



KIADJA A MTESZ KERETÉBEN MŰKÖDŐ
MAGYAR KARSZT- ÉS BARLANGKUTATÓ TÁRSULAT

BUDAPEST
1980

KARSZT- ÉS BARLANGKUTATÁS

(HIVATALOS KIADVÁNY)

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ОРГАН ВЕНГЕРСКОГО ОБЩЕСТВА
ПО ИССЛЕДОВАНИЮ КАРСТОВ И ПЕЩЕР

ORGANE OFFICIEL DE LA SOCIÉTÉ HONGROISE DE
SPELEOLOGIE

AMTLICHES ORGAN DER UNGARISCHEN GESELLSCHAFT
FÜR KARST- UND HÖHLENFORSCHUNG

OFFICIAL ORGAN OF THE HUNGARIAN SPELEOLOGICAL
SOCIETY

ORGANO UFFICIALE DELLA SOCIETÀ UNGHERESE
DI SPELEOLOGIA

1975-1980



KIADJA A MTESZ KERETÉBEN MŰKÖDŐ

MAGYAR KARSZT- ÉS BARLANGKUTATÓ TÁRSULAT

BUDAPEST
1980

KARSZT- ÉS BARLANGKUTATÁS

A Műszaki és Természettudományi Egyesületek Szövetségének
keretében működő
Magyar Karszt- és Barlangkutató Társulat kiadványa

Főszerkesztő:

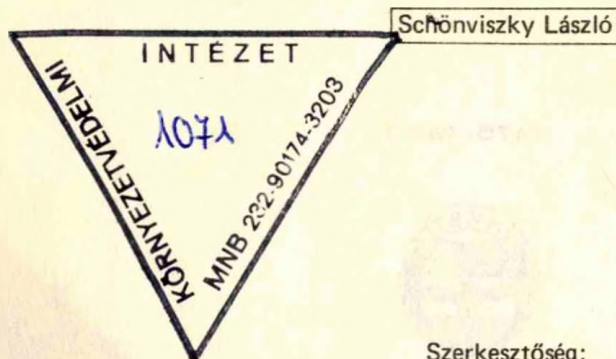
Dr. LANG SÁNDOR
egyetemi tanár

Szerkesztő:

MAUCHA LÁSZLÓ

Szerkesztő Bizottság:

Dr. Balázs Dénes, Barátosi József, Dr. Bertalan Károly, Dr. Bogsch László,
Dr. Böcker Tivadar, Csekő Árpád, Dr. Cser Ferenc, Dr. Dénes György,
Gádoros Miklós, Dr. Jakucs László, Dr. Jánossy Dénes, Dr. Kretzoi Miklós,
Schönviszky László



Szerkesztőség:

1055 Budapest, Kossuth Lajos tér 6–8.
Telefon: 311–793

Felelős kiadó: Dr. Dénes György

8011137 MTA KESZ Sokszorosító, Budapest. F. v.: dr. Héczey Lászlóné

MEGEMLEKEZÉS DR. BOROS ADÁMRÓL
(1900 – 1973)
ALLODIATORIS I.

1973. január 3.-án meghalt a magyar mohakutatás nesztora, B o r o s Á d á m, a barlangi mohák kutatásának nemzetközi tekintélyű tudósa, aki élete utolsó hónapjáig járta a barlangokat, gyűjtött és meghatározott.

Rövid betegség előzte meg a műtét következtében beállott halált. A kivizsgálások ideje alatt is dolgozott, még a kórházban is. Ekkor rendezte sajtó alá utolsó dolgozatát, melyet hűségese gyűjtőtársával és barátjával, V a j d a L á s z l ó-
val együtt készített. 1972 őszén még az erdélyi Bihar-hegységi barlangokat kutatta, később ősszel még Csehszlovákiában is gyűjtött V a j d a L á s z l ó v a l együtt. Gyűjtőútjaira mindig elkísérte felesége és egyben munkatársa, K e n y e r e s J ú l i a, aki 1946-ban kötött házasságuk óta minden áldozatot vállalt, hogy férje a tudomány művelésének szentelhesse életét.

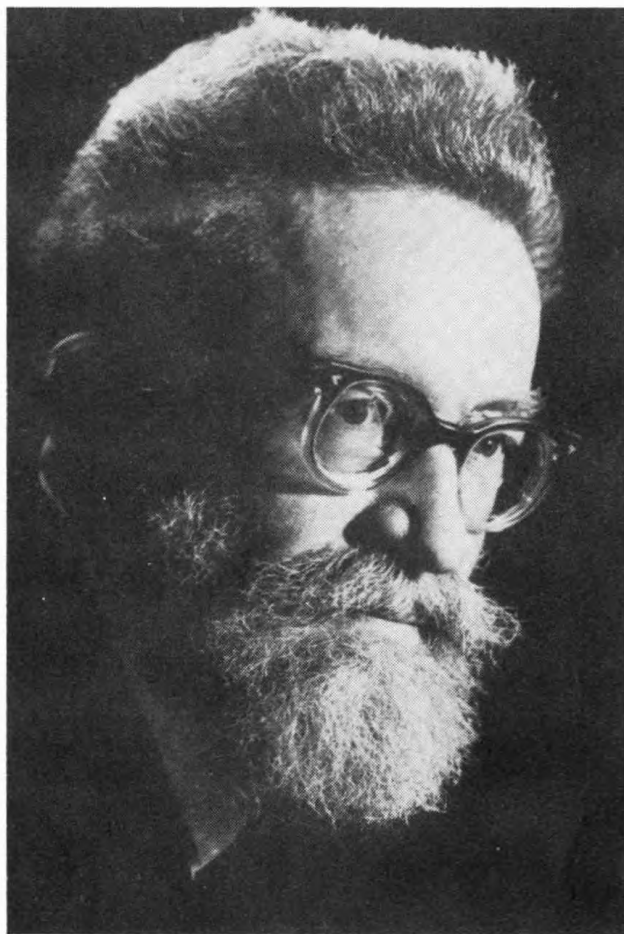
Dr. B o r o s Á d á m Budapesten született 1900 november 19-én. Atyja, B o r o s R u d o l f és anyai nagyapja is középiskolai tanár volt. Apai nagyapja könyvkötőmester volt, így B o r o s Á d á m a szülőház légköréből hozta a könyvek és a tudomány szeretetét. Már gyermekkorában sokat túrázott. Nagyatyjával és nagybátyjával már 8 és 14 éves kora között, az első világháború kitörése előtt túristautakat tett az Alpokba. Alig volt 8 éves, amikor megmászta a Schlernt, 10-14 évesen a Dolomitokban járt, nem egyszer felkapaszkodtak 2000 méter fölé

is. Ilyen messzire vezethető vissza a botanika iránt kifejlődött érdeklődése, melynek kialakulásában szerepet játszott a havasi flóra varázsa. Gyermekként kezdte el a növénygyűjtést is, előbb játékból, majd később tudományos céllal. Egyébként gyenge szervezetű, túlérzékeny idegzetű gyermek volt. Még be sem töltötte a 6. életévét, amikor beíratták az iskolába, ahol nehezen tudott megbarátkozni az iskolai fegyelemmel és a tanulással, bár éles eszű gyermek volt. Öröm volt számára, amikor érettségi bizonyítványával a zsebében megszabadult az iskolai kötelezettségektől.

Tanárai közül K o c h N á n d o r t kell kiemelnünk, aki a természetrajzra tanította, neki köszönhette természetszeretetének elmélyítését és érdeklődési körének kiterjesztését. Később C s e r e y A d o l f volt egyik tanára, akinek kitűnő kapcsolatai voltak kora botanikusaival, többek között J á v o r k a S á n d o r r a l, a Növénytar legnagyobb tudású tagjával, így B o r o s Á d á m hamarosan bejáratos lett oda. Ott tovább fejlesztette szakmai tudását és a szakkönyvtár is rendelkezésére állott. J á v o r k a S á n d o r o n keresztül már 17 éves korában megismerte D é g e n Á r p á d neves botanikust, aki megkedvelte a tehetséges fiatalembert. D é g e n ettől kezdve gyakran magával vitte őt gyűjtőútjaira.

1918-1922 között Budapesten végezte el az egyetemet. Ezekben az években több volt a szünet az egyetemen, mint az oktatási idő. Ez arra készítette B o r o s Á d á m o t, hogy járja az ország tájait, gyűjtsön és képezze magát. D é g e n Á r p á d d a l már 17 éves korában tanulmányozta a morvamezei /Detrekőcsütörtöki/ lápokat. Ekkor ismerte meg a tőzegmoha és égerlápok világát, amely rendkívüli mértékben felkeltette érdeklődését és meghatározta további botanikai tevékenységét. A morvamezei lápokon találta meg először ilyen alacsony szinten a tőzegmoha előfordulását.

B o r o s Á d á m o t már kora ifjúságában is az úttörőmunka érdekelte, így már 1922-ben megkezdte az akkor még csak-



Dr. Boros Ádám

nem ismeretlen Belső-Somogy kutatását. Ott már az első napon megtalálta a Sphagnum siksági termőhelyét. Ez indította a Dráva balparti sikságának kutatására, és a flóra leírásának megkezdésére.

A bölcsészdoktori oklevelet, negyedéves korában, 1922. június 17.-én szerezte meg. Két évvel korábban /1920/ már aszisztensi munkát végzett Szabó Zoltán professzor mellett az Állatorvosi Főiskolán, majd Varga Oszkár műegyetemi m. tanár vezetésével, végül Közgazdasági Egyetemen újból Szabó professzor mellett. Még doktorátusának megszerzése előtt a Gyógynövénykísérleti Állomás szolgálatába lépett.

Különösen foglalkoztatta Boros Ádámot a barlangi mohák kutatása és tanulmányozása. E területen is úttörő munkát végzett. A barlangok élővilága mindig érdekelte és az ott begyűjtött mohák meghatározása közben kedvelte meg azt a teljesen új tudomány területet, amellyel Magyarországon még senki sem foglalkozott korábban. 1926-ban kezdő tanársegéd korában, a Barlangkutató Társulat alapító tagjai sorában találjuk. 1929-ben belföldi kutató ösztöndíjat kapott, majd ugyanebben az évben a Közgazdaságtudományi Kar "A Mezőgazdasági Növényismeret" tárgyköréből magántanárrá habilitálta. Ezt később a Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Mezőgazdasági és Állatorvosi Kara is megerősítette, sőt 1935-ben a közoktatásügyi miniszter is.

1929-ben megkezdte Magyarország szikeseinek botanikai feltárási munkáit, elsősorban a Nyírségben dolgozott, majd 1929-1939 közötti években a Gerecse- és Vértes-hegységek, valamint a Velencei-tó környéke voltak fő kutatási területei; az elkészült flóramű sajnos napjainkig kiadatlan.

1930-ban kezdeményezte és el is végezte a barlangszádák flórájának begyűjtését és feldolgozását. A Bryológia című művében egész fejezetet szentelt e tudományterületnek, melynek hazánkban egyetlen művelője volt. 1933-ban jelent meg a barlangi mohákkal foglalkozó első cikke, a Barlangvilág című folyóiratban.

1937-ben a Természettudományi Társulat Növényteni Szakosztálya jegyzőjévé választotta, e tisztséget több évi tagság előzte meg. Az ő összeállításában látott napvilágot a Növényteni repertórium is. 1938-ban átkerült a Vetőmagvizsgáló Intézethez. 1939-től kezdve Gömör megyében, majd Erdélyben és az Északkeleti-Kárpátokban végzett tereptanulmányokat és gyűjtéseket. Kutatóútjain vizsgálta a Székelyföld, a Bácska, a Muraköz, a Vendvidék, Bereg-Máramaros területét, 1939-ben Horvátországot is.

Elméleti botanikai munkássága és gyűjtőútjai mellett jelentős gyakorlati tevékenységet is kifejtett. A növényföldrajz és a mohák meghatározása már korán felkeltették érdeklődését. A könnyebben felismerhető mohák meghatározására még D e g e n Á r p á d tanította meg. Mohagyűjteményében különös jelentőségűek lettek azok a mohák, melyeket a Rákos mocsaras területeiről és Isaszeg mellől gyűjtött be, olyan területről, ahol utóbb a patakszabályozás következtében a mohaflóra teljesen kipusztult. A mohák iránti érdeklődése mind erőteljesebb lett, különösen a második világháború után. A Sphagnumokat rendkívüli helyeken való előfordulásuk alapján értékelte és egyes területeken végzett gyűjtései csak megerősítették őt korábbi megállapításaiban. A Kárpátok lágjait 1939-től kezdve tanulmányozta.

1941-1944-ig társelnöke volt a Magyar Barlangkutató Társulatnak. 1944-ben átmenetileg szerkesztette a Botanikai közleményeket és éveken át jegyzője volt a Biológiai Egyesület Növényteni Szakosztályának. 1944-től kezdve 3 éven keresztül az Állatorvosi Karon a "Növénytan" című tárgyat adta elő.

A felszabadulás után kutatásait kiterjesztette növényrendszertani, növényföldrajzi, flórakutatási, mohászati kérdésekre, valamint a rét-legelő és a gyomkérdés tanulmányozására is. Ez látókörét szélessé tette és hozzásegítette őt, hogy megismerhesse az ország egész területét és számos addig függőben lévő szakmai problémáját megoldhassa. 1945-ben a Kisérletügyi Tanács tagja és újból a Gyógynövénykísérleti, majd később Gyógy-

növény Kutató Intézet vezetője lett.

1946-ban munkatársként dolgozott az Új Idők Lexikona, majd a Révai Lexikon összeállításában és szócikkeinek megírásában. A Természettudományi Társulat disztaggá válasszotta.

1947-ben magántanári képesítését kiterjesztették az Agrár-tudományi Egyetemen a "Gyógy- és vegyipari növények természet-rajza" című tárgykörre is. 1947-ben az Állami Sportmester Vizsgáztató Bizottság Vándorsport Szakosztálya taggá nevezték ki. Ez évben lett rendes tagja a Természetvédelmi Tanácsnak is.

1948-ban nyerte el az egyet.ny.rk. tanári címet. Ugyanebben az évben közreműködésével megjelent a "Viruló természet" című könyv. 1950-ben a Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományok Osztálya a Kertészeti Szakbizottság taggá nevezte ki.

1951-ben hosszas előtanulmányok után megjelent az Acta Biologicában "Bryologische Beiträge zur Kenntnis der Flora von Ungarn und der Karpaten" című nagyobb munkája, majd a Magyar Tudományos Akadémia Biológiai Osztályának kiadásában a "Magyarország mohái" című könyve. 1952-ben a Magyar Tudományos Akadémia Minősítő Bizottsága a biológiai tudományok kandidátusának minősítette. 1954-ben a Növényfajta-minősítő Tanács tagja lett. 1957-ben megkapta a biológiai tudományok doktora akadémiai minősítést is.

Herbáriumát a Természettudományi Múzeum Növénytára felterjesztésére a Művelődésügyi Minisztérium "nemzeti érdekű védett gyűjteménnyé" nyilvánította, melynek nemcsak moha része gazdag, hanem a virágos gyűjtemény is. A mohagyűjtemény nagy részét B o r o s Á d á m maga gyűjtötte és felesége preparálta, de élénk szakmai kapcsolatai révén csere anyaggal is gazdagodott.

A Magyar Karszt- és Barlangkutató Társulatnak haláláig aktív tagja volt, részt vett a szervezeti életben, előadásokat tartott és a társulat lapjaiban egymás után jelentek meg cikkei és szakmai bibliográfiái. 1972-ben a Magyar Karszt- és Barlangkutató Társulat a kiemelkedő tudományos munkásságért adományozható K a d i c O t t o k á r éremmel tüntette ki.

B o r o s Á d á m nyugdíjba vonulása után sem hagyott fel

sem a gyűjtéssel, sem a feldolgozással. Életműve hatalmas: tudományos munkáinak száma 731, ebből több könyv. B o r o s Á d á m a következő mohákat, illetve virágos növényeket írta le elsőként és nevezte el: *Funaria hungarica* Boros, *Cyndrichia mongolica* Boros, *Hieracium praebiharicum* Boros és *Marsupella hungarica* Boros et Vajda. A következő növényeket nevezték el róla: *Rosa borosiana* Degen, *Pinus borosianus* Lyka, *Pulsatilla borosiana* Wagner, *Melampyrum borosianum* Soó, *Mentha borosiana* Trautmann, *Sorbus borosianus* Kárpáti Z., *Placidum Adami* Borosi Szatala.

Több hazai és külföldi tudományos és ismeretterjesztő társaság választotta Őt tagjai sorába. Szakmai kéréssel senki sem fordulhatott hozzá anélkül, hogy a leghasznosabb tanáccsal ne látta volna el az illetőt, különösen szívesen segítette a fiatal szakembereket. A magyar botanika és barlangkutatók egyaránt szorgalmas és nagytudású szakemberét vesztítette el B o r o s Á d á m b a n.

B o r o s Á d á m barlangi mohákkal foglalkozó cikkei:

1. MORTON, Fr.: Das Problem der Lebensverlängerung bei Höhlenpflanzen.
/Ismertetés/. Barlangkut. /1926-1927/ p.37.
2. A barlangszádák növényzetének felkutatása érdekében.
Barlangvil. 3. /1933/ p.22.
3. A Szilicei- és Barkai-jégbarlangok növényzete.
Bot.Közl. 32. /1935/ p. 104-114.
4. GERHARDT ANTAL: Az Abaligeti barlang élővilága.
/Ismertetés/. Barlangvil. 6. /1936/ p.30-31.
5. A Szilicei-jégbarlang, mint a növényzet élőhelye.
Ttud. Közl. 71. /1939/ p. 323-324.
6. A Tordai-hasadék barlangjai. NYÁRÁDY ERASMUS GYULA: A Tor-

- dai-hasadék c. munkájának ismertetése. Barlangvil. 10.
/1940/ p. 48-49.
7. A barlangnyílások élővilága. Barlangvil. 11. /1941/ p.29.
 8. A Sebes-Körös menti barlangok szádájának növényvilága.
Script. Bot. Mus. Transs. 1. /1942/ p. 152-156.
 9. A mohák a természetben és az ember életében. Tud.Közl. 75.
/1943/ p.33-46.
 10. A Lápos-folyó szurdokában. A Természet. 40. /1944/ p.65-68.
 11. A Tapolcai-tavasbarlang mohája. Élet és Tudomány 16. /1961/
1657.
 12. A barlangok fénylő mohája. Tud. Közl. 95. /1964./ p. 327.
 13. Utmutató barlangi mohák gyűjtéséhez. Karszt- és Barlang-
kut. Táj. /1970/ 3.
 14. Magyarország és a kárpáti barlangok felsőbbrendű növényze-
tére vonatkozó irodalom. Karszt- és Barlangkut. Táj.
/1972/ 2. p. 20-22.
 15. VAJDA LÁSZLÓ társszerzővel: Bryogeographische Forschungen
im Karstgebiet des Bihar-Gebirges. Acta Bot. Acad. Sci.
Hung. 19 /1973/ in press.

IN MEMORIAM DR. ÁDÁM BOROS

/1900 - 1973/

by

I. ALLODIATORIS

On the 3rd of january 1973 died Á d á m B o r o s the
nestor of the hungarian bryologists. He was an expert in the
science of mosses, being highly respected internationally too,

who was going in the caves until his last months in order to collect and classificate. Dr. Á d á m B o r o s was born in Budapest on the 19th of november 1900. His father R u d o l f B o r o s and his grandfather on the mother's side were booth secondary school-teachers. His grandfather on father's side was a bookbinder and so Á d á m B o r o s brought his affection for books and science from the atmosphere of the parental home.

During the years of 1918-1922 he finished his studies at the university of Budapest. In those years there was more pause at the university than the teaching-time itself. That forced Á d á m B o r o s to go through different parts of the country, to collect in order to get more trained. With Á r - p á d D é g e n he studied - as early as in an age of 17 - the moors of Detrekőcsütörtök on the Moravian plain. In that times he got acquainted with the kingdom of muskeg swamps and alder swamps, that arouse his interest especially and determined his further activity in phytology. The moors of the Moravian plans were the first sites where the muskeg was found in such a low position. On the 17th of june 1922 he achieved his P.h. degree, as a fourth-year student of the university.

Á d á m B o r o s was interested in the research and study of caves' mosses in particular. His work was that of a pioneer in this field too. The kingdom of the living organisms in the caves interested him from the very beginning of his work, and during the determinations of the mosses collected there he came to like this completly new scientific field; with wich nobody was dealing in former times.

In 1926-as a young professor's assistant - he was one of the founders of the Hungarian Speleological Society.

In 1930 he initiated and carried out the collecting and determining works of the flora of caveorifices. In his book "Bryologia" he devoted one complete chapter to this special field of science being the only expect of it in Hungary. His first paper dealing with mosses of caves, was publihed in 1933,

in the periodical review "Barlang-világ" /"Kingdom of Caves"/.

Between 1941-1944 he was the vice - president of the Hungarian Speleological Society.

In 1947 his private docent qualification was including at the University of Agrar sciences the field of "natural history of plants for medicinal and chemical industry."

In 1947-1948 he became "extraordinary professor" of the University.

After long preparatory work and study, in 1951 his large paper "Bryologische Beiträge zur Kenntniss der Flora von Ungarn und der Karpaten" /Bryological contributions to the Knowledge of flora of Hungary and the Karpatian basin/ was published and later on his book: "Magyarország mohái" /Mosses of Hungary/ as an issue of the Department of Biology of the Hungarian Academy of Sciences. In 1952 he was honored by the Academy of Sciences with the title of: candidate of the biological sciences. He became a member of the "Council for the classification of plant species." In 1957 he became: "doctor of sciences."

The herbarium collected by him - according to the proposal of the Collection of Plants of the Museum of Natural History - was declared for a "Protected Collection of National Interest." This herbarium is rich not only in mosses, but in flowerbearing plants too. The collection of mosses was mainly collected by Á d á m B o r o s and prepared by his wife - but it was enriched also through his broad connections by material of exchanges too. He was an active member of the Hungarian Karst- and Speleological Society, until his death; he took part in the life of it, delivered lectures and in the periodical of the Society his articles and lists of special bibliography appeared one after the other.

In 1972 his extraordinary scientific activity was honoured by the O t t o K a d i c medal of the Society. After retiring Á d á m B o r o s still did not stop collecting and elaborating the material. The oeuvre of Á d á m B o r o s is immense:

the number of his scientific works is 731, some of them books, Á d á m B o r o s described and denominated for the first time the following plants and mosses: *Funaria hungarica* Boros, *Cyndrichia mongolica* Boros, *Hieracium praebiharicum* Boros and *Marsupella hungarica* Boros et Vajda.

Several plants were denominated after him: *Rose borosina* Degen, *Pinus borosianus* Lyka, *Pulsatilla borosiana* Wagner, *Melampyrum borosianum* Soó, *Mentha borosiana* Trautmann, *Sorbus borosianus* Kárpáti Z., *Placidum Adami Borosi* Szatala. He achieved the membership of several Hungarian and foreing educational societies. Nobody could put questions to him without getting very useful advices; he helped especially kindly the young specialists. In Á d á m B o r o s an industrious and very wise specialist was lost both for the Hungarian botany and speleology.

DIE MITTELPLEISTOZÄNE, JUNGPLEISTOZÄNE UND POSTGLAZIALE GASTROPODENFAUNA DER FELSNISCHE TARKŐ

von
E. KROLOPP

Tarkő ist der zweithöchste Gipfel /950 m N.N./ des nord-ungarischen Bükk-Gebirges. Unter dem Gipfel, in etwa 850 m Höhe mündet nach südost die Felsnische. Im vorderen Raum, sowie im inneren Teil derselben wurden zuerst in 1939 und 1941 von K a d i c und M o t t l, später zwischen 1959 und 1965 während sechs Gra - bungssaisonen von D. J á n o s s y Grabungen unternommen. Im Gange dieser Arbeiten wurde neben jungpleistozänen und postglazialen Ablagerungen der Felsnische selbst eine einen grösseren Hölenraum ausfüllende Terrarossa nach Schichten gemäss ausgebeutet. /Einzelheiten über die Forschungsgeschichte, sowie die morphologische Beschreibung siehe im gleichen Band dieser Zeitschrift: D. J á n o s s y : Die Felsnische Tarkő usw.../

Im Laufe der Grabungen von J á n o s s y wurde aus verschiedenen Schichten auch eine bedeutende Gastropodenfauna geborgen. Es soll an dieser Stelle für das sorgfältige Auslesen der Schlämmrückstände, sowie für die Überlassung des Materiales Zwecks einer Bearbeitung herzlichst gedankt werden.

Bedeutendere Gastropodenfaunen wurden früher von Höhlenablagerungen selten bekanntgemacht. Die Ursache dieser Vernachlässigung liegt einerseits darin, dass die Fossilien durch den Frostschutt oft zerbrochen wurden, anderseits aber wurden während der Anwendung älterer Grabungsmethoden höchs-

tens die grösseren Schnecken gefunden.

Die von J á n o s s y angewendete Schlammethode, die auch vom Autor genützt wurde /K r o l o p p, 1961, Siebe mit der Lochgrösse von 0,8 mm/, ist nicht nur dazu geeignet, dass man damit die kleinsten Arten der Fauna gewinnen kann, sondern die kleineren, brüchigeren Stücke werden durch fraktioniertes Sieben /oben mit einer Lochgrösse von 3 mm-n/ auch geschont.

Während der Wertung eines aus Höhlenablagerungen stammenden Schneckenmaterials muss vor Augen gehalten werden, dass diese Fauna nur selten aus Höhlenbewohnern, also aus eu- und hemitroglobienten bzw. troglolythen Elementen besteht. Eine weitaus häufigere Erscheinung ist jener Fall, dass die leeren Schalen der in der Umgebung lebenden und dort verendeten Schnecken in irgendwelcher Weise in die Höhle geraten, sich dort anhäufen und fossilisieren. Demzufolge gewinnen wir von der Höhle als von einem einstigen Biotop weniger Daten, die Schneckenfossilien widerspiegeln eher die damaligen Verhältnisse der Oberfläche, des Klimas sowie der Vegetation und ihre Bedeutung liegt eben in dieser letzterwähnten Tatsache.

Da das in dieser Arbeit angeführte Material wesentlich aus zwei verschiedenen Perioden stammt u.zw. aus dem Mittel-Pleistozän und dem ausgehenden Jungpleistozän bzw. dem Post-glazial in engerem Sinne, scheint es zweckmässig zu sein, in dieser Reihenfolge bekanntzumachen.

Die Tiergesellschaft der Mittel-Pleistozänen Schichten

Hinter einer scheinbaren hinteren Höhlenwand, die eigentlich von einem dicken Kalzit besteht, befand sich, - von der Felshöhle getrennt, - ein grösserer Höhlenraum /siehe abb.1. VI./ in welchem J á n o s s y eine oben mit gelblichroten Schichten beginnende und tiefer in eine tiefrote "Terrarossa" übergehende Schichtreihe aufgeschlossen hatte. J á n o s s y stellte aufgrund der reichen Säugerfauna dieser auf 17 Schich-

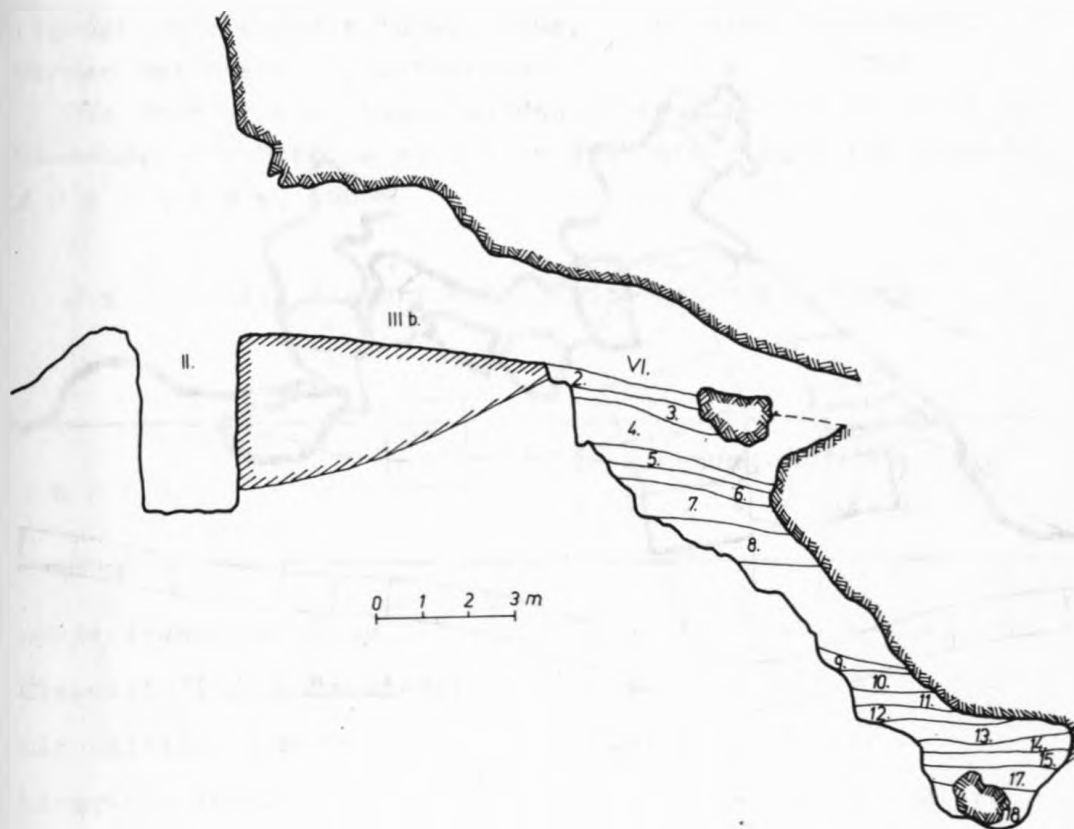


Abb. 1. Längsprofil S-N,-bzw. O-W. Römische Ziffern: Grabungsblöcke, arabische Ziffern: mittel-pleistozäne Schichten.

1. ábra: DK-ÉNy-i, illetve K-Ny-i hosszmeteszet. Római számok: ásatási blokkok, arab számok: a középső-pleisztocén rétegek.

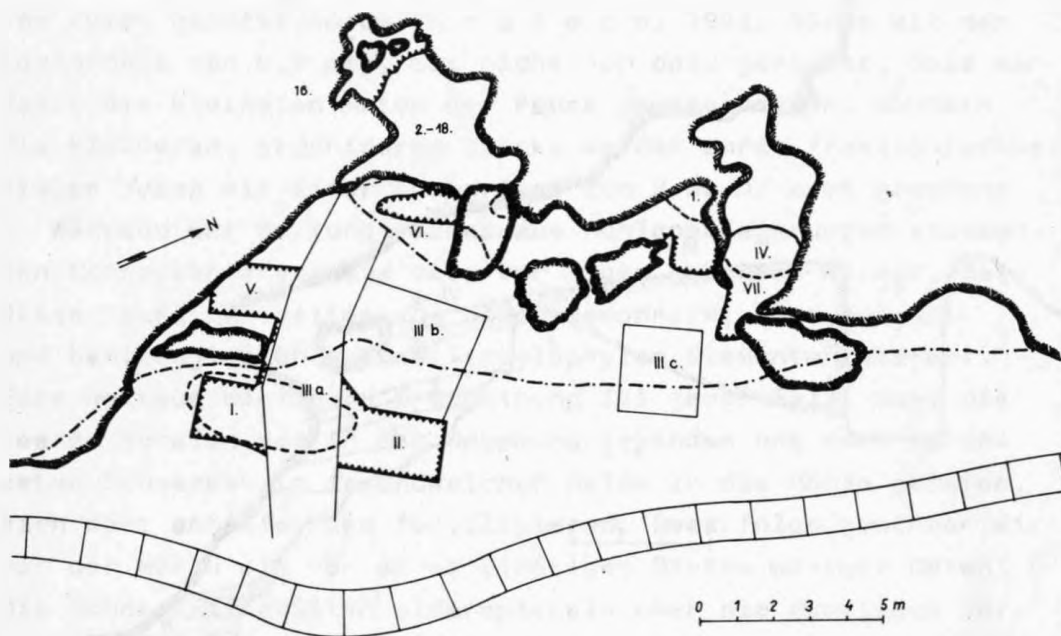


Abb. 2. Grundriss der Felsenische Tarkő. I-VII: Grabungsblöcke,
1-18: mittelpleistozäne Schichten.

2. ábra: A Tarkői-kőfülke alaprajza. I-VII: ásatási blokkok,
1-18: középső pleisztocén rétegek.

ten gegliederten Schichtfolge /Schicht 2 bis 15/ die stratigraphische Einheit Tarkó-Phase, - als eine Faunenwelle binnen des oberen Bihariums auf /J á n o s s y, 1962/.

Die drei unteren Lagen wurden dabei aufgrund der dort vorkommenden Art *Mimomys savini* in das untere Biharium gestellt / J á n o s s y, 1969/.

Die Schichten lieferten folgende Gastropodenfauna:

A r t e n	Bezeichnung der Schichten							
	2	3	4	7	9	12	13	18
<i>Abida frumentum</i> /Drap./	1	+	1	1	-	-	-	-
<i>Clausilia</i> cf. <i>pumila</i> C.Pfr.	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Clausiliidae</i> indet.	5	10	1	2	1	-	-	-
<i>Limacidae</i> indet.	-	-	-	-	-	8	2	70*
<i>Helicidae</i> indet.	-	1	1	-	-	-	-	-

* wenigstens 3 Arten

Die Ursache der geringen Zahl der Schnecken gegenüber der tausenden von Knochen soll an dieser Stelle gedeutet werden. Mit einer sekundären Auflösung der Schalen wäre es naheliegend zu rechnen. Es ist nämlich in Terrarossa-Ausfüllungen von Spalten eine ganz allgemeine Erscheinung, dass die Schalen der Schnecken durchkristallisiert werden, es entsteht dabei ein "Lehmkern" und endlich verschwindet auch dieser im Sediment / K r o l o p p, 1965/. Mit dieser Erscheinung könnten

wir aber nur in tieferen Lagen rechnen /12, 13, 18/, wo nur die Kalklamellen der Limaciden geborgen wurden, - deren Material widerstandsfähiger ist, als das der Schnecken-Gehäuse. Das guterhaltene Material der oberen Schichten von geringerer Zahl spricht aber dafür, dass wir auch ursprünglich mit wenigen Funden rechnen müssen. Diese Erscheinung können wir dadurch deuten, dass jener Teil der grösseren Höhle, der die betreffenden Sedimente lieferte, nicht so nahe zum damaligen Eingang lag, dass hier die Akkumulation der Schnecken gesichert gewesen wäre. Das ausschliessliche Vorkommen der Nacktschnecken in den unteren Schichten /12, 13 und hauptsächlich 18/ könnten wir dadurch erklären, dass die damals mit Sedimenten noch kaum ausgefüllte Höhle ein entsprechendes Biotop, in erster Reihe ein feuchtes Milieu und einen entsprechenden Schlupfplatz darbot. So dürfte jener scheinbare Widerspruch gelöst werden, der sich zwischen dem Steppen-Charakter der Säugerfauna dieser Lagen /siehe J á n o s s y, im selben Band/ und dem Waldcharakter der Limaciden zeigen würde.

Die 1. Schicht des mittelpleistozänen Profils lag von dem vorherigen Fundplatz in etwa 8 m Entfernung nach Nordost in einer kleinen Nebenhöhle /siehe Abb.1./. Diese braune Lehm-linse mit einem lilafarbenen Ton enthielt neben stark korrodiertem Kalkschutt auch einige Bröckel von Terrarossa. Diese lieferte neben einer reichen Vertebratenfauna und etwa 100 Celtis-Kernen die folgende Schneckenfauna /die nachstehende Auswertung wurde etwa aufgrund der Hälfte des Materiales durchgeführt/:

	St.	%
<i>Abida frumentum</i> /Drap./	467	9,5
<i>Chondrina clienta</i> /West./	329	6,6
<i>Orcula dolium</i> /Drap./	73	1,5
" <i>doliolum</i> /Brug./	10	0,2
<i>Pupilla</i> sp.	1	0,02
<i>Ena obscura</i> /Müll./	2	0,04

<i>Chondrula tridens</i> /Müll./	1	0,02
<i>Vallonia costata</i> /Müll./	1	0,02
<i>Pyramidula rupestris</i> /Drap./	1	0,02
<i>Clausiliidae</i> indet.	3407	69,4
<i>Discus perspectivus</i> /Mühlf./	-	-
<i>Oxychilus depressus</i> /Sterki/	5	0,1
" <i>glaber</i> /Rm./	2	0,04
<i>Aegopinella pura</i> /Ald./	2	0,04
<i>Zonitidae</i> sp.	21	0,4
<i>Phenacolimax annularis</i> /Stud./	263	5,3
<i>Limacidae</i> sp.	34	0,7
<i>Bradybaena fruticum</i> /Müll./	3	0,06
<i>Euomphalia strigella</i> /Drap./	-	-
<i>Monachoides vicina</i> /Rm./	-	-
<i>Helicigona</i> cf. <i>faustina</i> /Rm./	1	0,02
<i>Soosia diodonta</i> /Fér./	273	5,5
	4913	99,78

Das ein Drittel der ganzen Schneckenfauna ausmachende Clausiliden-Material verteilt sich aufgrund unversehrter Exemplare bzw. der Mündungen folgenderweise:

<i>Cochlodina laminata</i> /Mont./	117	5,5
" <i>cerata</i> /Rm./	56	2,1
" <i>orthostoma</i> /Mnke./	26	1,2
<i>Clausilia subia</i> Drap.	10	0,4
" <i>pumila</i> C.Pfr.	255	12,1
" cf. <i>cruciata</i> Stud.	2	0,09
<i>Iphigena densestriata</i> /Rm./	3	0,1
<i>Laciniaria plicata</i> /Drap./	15	0,7
" <i>biblicata</i> /Drap./	1	0,05
" <i>cana</i> /Held./	5	0,2
<i>Ruthenica filograna</i> /Rm./	1624	76,8
	2114	99,34

Die Fauna entspricht in grossen Zügen der Mollusken-Tiergesellschaft des heutigen Nördlichen Mittelgebirges von Mitteleuropa. In pleistozäner Relation fällt aber sofort ihr "interglaziales Gepräge" auf.

In erster Reihe soll die Art *Soósia diodonta* hervorgehoben werden, die als "Leitfossilie" der Interglaziale Mitteleuropas zu betrachten ist /L o z e k, 1964/. Ihre heutige Verbreitung beschränkt sich auf die Südlichen Karpathen und das nördliche Balkan, während ihre Bedeutung im Pleistozän der Art *Helicigona banatica* nahekommt, L o z e k hält sie nämlich für die zweitwichtigste Art der sog. "banatica-Faunen" /L o z e k, 1969/. Sie wurde aus dem ungarischen Pleistozän bisher nur aus Süttő /K o r m o s, 1925/ und Tata /K r o l o p p, 1969/ gemeldet, an beiden Stellen aus dem Letztinterglazial. Ich selbst meldete sie irrtümlich aus der mittel-pleistozänen Schichtreihe der Felsnische Uppony I. /K r o l o p p, 1968/. Jene Mündungsbruchstücke, die damals mit dieser Art identifiziert wurden, erweisen sich später, - im Besitze eines reichen Vergleichsmateriales, - zu der Art *Isognomostoma isognomostoma* zu gehörend. Es sei hier erwähnt, dass *Soósia diodonta* im Material von Tarkő ausser dem von statistischer Hinsicht in Betracht gezogenem Material /ganze Stücke, bzw. Bruchstücke des Apex/ in grosser Zahl mit gut bestimmbaren Fragmenten vertreten ist.

Die andere interessante Tatsache ist das Auftreten von *Phenacolimax annularis* in bedeutender Zahl. Diese Art ist eine durch Südeuropa bis zu den Alpen und durch Mazedonien und der Krim-Halbinsel bis zum Kaukasus verbreitete Gebirgsform /Z i l c h - J a e c k e l, 1962/. Der einzige Punkt ihres Vorkommens in Ungarn ist heutzutage eben Tarkő im Bükk-Gebirge /S o ó s, 1955-59/, wo sie annehmbar seit dem Mittel-pleistozän ständig aushielt. Aus dem Pleistozän unseres Gebietes kennen wir diese Art aus der letztinterglazialen Fauna der Porlyuk-Höhle in Nord-Ungarn /J á n o s s y, K o r d o s, K r o l o p p, T o p á l 1973/. Aus dem mittel-europäischen Pleistozän wurde sie bis jetzt nur aus Turola von der Tsche-

choslowakei bekanntgemacht / L o z e k, 1964: Mittel-Pleistozän/.

Weitere Formen, die - ausser den zwei erwähnten Arten, - für eine "interglaziale" Phase charakteristisch zu sein scheinen, sind die folgenden: *Pyramidula rupestris*, *Cochlodina orthostoma*, *Iphigena densestriata*, *Laciniaria cana*, *Ruthenica filograna*, *Discus perspectivus*, *Cepaea vindobonensis*, *Helix pomatia*.

Unter diesen fehlt aus der heutigen Umgebung der Höhle nur *Iphigenia densestriata* und *Laciniaria cana*. Bemerkenswert ist das massenhafte Auftreten von *Ruthenica filograna* /sie beträgt etwa 77 % der übrigen 70 % der ganzen Fauna vertretenden Clausiliiden und dominiert so mit 53 % unter allen Schnecken/. Eine solche absolute Dominanz spricht auch eindeutig für eine "interglaziale" Phase. Das elemente gemischten Laubwaldes mit *Juglans* enthaltende Pollenmaterial beweist auch den "interglazialen" Charakter des Sedimentes / J á n o s s y, 1975/.

Obzwar eine Reihe der hier vorgefundenen Arten aus dem Pleistozän Ungarns bis jetzt nur aus 1-2 Lokalitäten bekannt ist, beweist sich nur eine Form als für die pleistozäne Tiergesellschaft unseres Gebietes neu, u.zw. *Ena obscura*.

Was den Lebensraum der Tiergesellschaft betrifft, konnte er keineswegs eine Höhle, nicht einmal eine kleinere Felsnische sein. Die meisten Arten, so in erster Reihe die erwähnten, eine 70 %-ige Dominanz vertretende Clausiliden, aber auch ein Teil der anderen Formen /z.B. *Chondrina clienta*, *Phenacolinax annularis*/ sind auf Felsen, deren Spalten, sowie im die Felsen bedeckenden Laub lebende Tiere. Ein relativ geringer Teil der Fauna lebt auf morschem Holz bzw. unter Steinen /z.B. *Zonitidae*, *Limacidae*/, andere im Rasen oder in Gebüsch /z.B. *Abida*, *frumentum*, *Chondrula tridens*, *Vallonia Costata*/.

Aufgrund dieser Daten ist es selbstverständlich, dass die Schneckenschalen aus der unmittelbaren Umgebung stammen, von wo die Gehäuse der verstorbenen Tiere in irgendwelcher Weise in die Höhle geraten sind und sich dort angehäuft haben. Da

jene Nebenhöhle, von wo das Material der schon früher besprochenen Schicht 1. stammt von oben auch heute völlig abgeschlossen ist, dürfte es angenommen werden, das die Verbindung mit der Aussenwelt auf einer ganz anderen Stelle gewesen sein müsste und die Scheckenschalen durch das ablaufende Wasser von Stürmen zusammengespült wurden. Diese Annahme wird durch die stark korrodierten Steine des Sedimentes, sowie durch den Terrarossa-Gehalt desselben verstärkt, wobei das letzterwähnte Element die Überlagerung der Roterde der einstigen Umgebung der Höhle beweisen zu scheint.

Da das in Frage stehende Sediment in Ungarn bis jetzt eine in sich allein stehende Phase vertritt, kann auch die Schneckenfauna über das geologische Alter nichts aussagen. So können wir darüber nur jenes feststellen, dass wir aufgrund der Vertebratenfauna mit einem Sediment zu tun haben, das jünger ist, als die mit einer Steppen - Wald-Steppenwelle charakterisierbare Tarkö-Phase, jedoch älter, als die Uppony-Phase /die malakologische Phase 3.a. K r o l o p p, 1973/.

Die mit Nr. IV bezeichnete, aus etwa 2 m Tiefe vom Vordergrund der Felsenische ausgegrabene Material lieferte folgende Schneckenfauna:

<i>Chondrina clienta</i> /West./	3 St
<i>Abida frumentum</i> /Drap./	1 St
<i>Vallonia costata</i> /Müll./	1 St
<i>Vitrea crystallina</i> /Müll./	10 St
" <i>contracta</i> /West./	1 St
<i>Oxychilus depressus</i> /Sterki/	78 St
<i>Euconulus fulvus</i> /Müll./	1 St
<i>Phenacolimax annularis</i> /Stud./	2 St
<i>Limax</i> cf. <i>maximus</i> /L./	1 St
<i>Clausilia pumila</i> C.Pfr.	+
<i>Clausiliidae</i> indet.	7 St
	105 St

Diese Tiergesellschaft mit relativ wenig Arten ähnelt der Schicht VI/I und diese Ähnlichkeit wird durch das Vorhan-

densein der weiter oben eingehend geschilderten Art *Phenacolimax annularis* noch eher unterstrichen. Obzwar diese Fauna auch auf ein "Interglazial" hinweist, spricht die etwa 90 prozentige Dominanz der gesamten Zonitiden-Arten für einen humideren Charakter der einstigen Umgebung. Hier dürfte wieder die Frage aufgeworfen werden, ob die hohe Zahl der Zonitiden nicht dafür spräche, dass sie an Ort und Stelle lebten, wir also mit einer semitroglobionten bzw. troglomorphen Fauna zu tun hätten.

Der "interglaziale" Charakter der Fauna ist, - unabhängig von der letztgenannten Annahme, - eindeutig, welche Tatsache auch durch das Pollenbild /gemischter Laubwald/ verstärkt wird / J á n o s s y, 1975/.

Nicht einmal die Vertebratenreste bestimmen das Alter der Schicht eindeutig, es kann nur wahrscheinlich gemacht werden, dass es etwa auf das "Letztinterglazial" /R i s s - W ü r m, E e m / gelegt werden kann. Hier müssen wir wieder das Vorkommen der genannten Art *Phenacolimax annularis*, mit jenem der Letztinterglazialen Schichten der Porlyuk-Höhle in Relation bringen / J á n o s s y - K o r d o s - K r o l o p p - T o p á l, 1973/.

Die Fauna der Schichten des Jungpleistozäns und des "Postglazials"

An mehreren Stellen des Vorderraumes der Felsnische Tarkő wurden aus Probegruben mehr oder Wenigerreiche jungpleistozäne bzw. "postglaziale" Kleinwerte braten vorgefunden. Das Schlamm lieferte aber an diesen Stellen nur eine bescheidene Schneckenfauna. So wurde aus dem Material der Blöcke IV. und VII. /siehe Abb.1./ die folgende kleine Tiergesellschaft gefunden:

<i>Abida frumentum</i> /Drap./	2 St
<i>Chondrina clienta</i> /West./	4 St
<i>Orcula dolium</i> /Drap./	+
<i>Vallonia costata</i> /Müll./	1 St

<i>Laciniaria plicata</i> /Drap./	+
<i>Ruthenica filograna</i> /Rm./	+
<i>Clausiliidae</i> indet.	12 St
<i>Helicigona faustina</i> /Rm./	1 St
<i>Helicidae</i> indet.	1 St
	21 St

Diese Fauna ist indifferent und für weitere Folgerungen nicht geeignet. Aufgrund vertebratenpaläontologischer Daten ist das Alter Jungpleistozän.

Ein reiches Gastropoden-Material wurde aus dem Grabungsfeld des Blockes I. geborgen /siehe Abb.1./ Hier lieferten die tieferen Lagen /Gelber, kalkschuttführender und rötlich-brauner Ton/ die folgende Schnecken:

<i>Chondrina clienta</i> /West./	78 St
<i>Adiba frumentum</i> /Drap./	+
<i>Vallonia costata</i> /Müll./	1 St
<i>Cochlodina cerata</i> /Rossm./	+
<i>Clausilia dubia</i> /Drap./	+
" <i>pumila</i> C.Pfr.	+
<i>Ruthencia filograna</i> /Rm./	+
<i>Clausiliidae</i> indet	32 St
<i>Vitrea contracta</i> /West./	1 St
<i>Punctum pygmaeum</i> /Drap./	1 St
<i>Helicidae</i> indet.	1 St
	114 St

Diese kleine Fauna verweist auf ähnliche klimatische Verhältnisse, wie heutzutage. Da das Vertebraten-paläontologische Material auf ein ausgehendes Würm bzw. anfangendes "Postglazial" spricht, muss angenommen werden, dass die Schneckenfauna aus dem oberen, postglazialen Teil des Schichtkomplexes stammt.

Vom oberen Niveau desselben Blockes kam wiederum eine an Individuen und Arten recht reiche Tiergesellschaft zum Vorschein:

Acicula polita /Hartm./
Carychium cf. *tridentatum* /Risso/
Cochlicopa lubricella /Porro/
Abida frumentum /Drap./
Chondrina clienta /West./
Vertigo antivertigo /Drap./
 " *pusilla* Müll.
 " *alpestris* Ald.
Truncatellia cylandrica /Fér./
 " *claustralis* /Gredl./
Orcula dolium /Drap./
 " *doliolum* /Brug./
Columella edentula /Drap./
Pyramidula rupestris /Drap./
Vallonia pulchella /Müll./
 " *costata* /Müll./
Acanthinula aculeata /Müll./
Cochlodina laminata /Mont./
 " *cerata* /Rm./
Iphigena ventricosa /Drap./
 " *plicatula* /Drap./
Clausilia dubia Drap.
Clausilia pumila C.Pfr.
 " cf. *cruciata* Stud.
Laciniaria plicata /Drap./
 " *biblicata* /Drap./
 " cf. *cana* /Held./
Ruthenica filograna /Rm./
Vitrea crystallina /Müll./
 " *contracta* /West./
 " *diaphana* /Stud./
Aegopinella minor /Stab./
 " *pura* /Ald./
Oxychilus glaber /Rm./
 " *depressus* /Sterki/
 " *orientalis* /Cless./

Euconulus fulvus /Müll./
Daudebardia rufa /Drap./
 " *brevipes* /Drap./
Limax Maximus L.
Limacidae indet
Discus rotundatus /Müll./
 " *runderatus* /Fér./
 " *perspectivus* /Mühlf./
Punctum pygmaeum /Drap./
Bradybaena fruticum /Müll./
Trichia cf. *unidentata* /Drap./
Helicodonta obvolata /Müll./
Helicigona faustina /Rm./
Euomphalia strigella /Drap./
Monachoides cf. *vicina* /Rm./
Helix pomatia L.

Die quantitative Analyse des etwa ein viertels des Materials lieferte folgende Daten:

	St	%
<i>Acicula polita</i> /Hartm./	2	0,04
<i>Cochlicopa lubricella</i> /Porro/	1	0,02
<i>Vertigo antivertigo</i> /Drap./	1	0,02
<i>Abida frumentum</i> /Drap./	11	0,29
<i>Orcula dolium</i> /Drap./	11	0,29
" <i>doliolum</i> /Brug./	15	0,36
<i>Columella edentula</i> /Drap./	1	0,02
<i>Pyramidula rupestris</i> /Drap./	274	6,7
<i>Vallonia pulchella</i> /Müll./	5	0,12
" <i>costata</i> /Müll./	13	0,32
<i>Clausiliidae</i> indet.	398	9,7
<i>Acanthinula aculeata</i> /Müll./	2	0,04
<i>Vitrea Contracta</i> /Müll./	3	0,06
" <i>diaphana</i> /Stud./	1	0,02
<i>Euconulus fulvus</i> /Müll./	1	0,02
<i>Zonitidae</i> indet.	12	0,29

	St	%
Limacidae indet.	9	0,22
Discus rotundatus /Müll./	1	0,02
" ruderatus /Pér./	1	0,02
Punctum pygmaeum /Drap./	3	0,06
Helicidae indet.	3	0,06
Chondrina clienta /West./	3309	81,2
	4076	99,89

Die eine etwa zehnprozentige Dominanz erreichende Clausiliiden-Fauna verteilt sich aufgrund unversehrter Schalen, sowie Mündungen auf folgende Arten:

Cochlodina laminata Mont.	+ St
" cerata /Rm./	3
Iphigena ventricosa /Drap./	1
" plicatula /Drap./	2
Clausilia dubia /Drap./	1
" pumila C. Pfr.	55
Laciniaria plicata /Drap./	4
" biblicata /Drap./	3
" cf. cana /Held./	1
Ruthencia filograna /Rm./	13

In der Schneckerfauna befindet sich nur eine Art /Discus ruderatus/, die aus der heutigen Fauna des Bükk-Gebirges fehlt. Die übrigen Arten leben in der unmittelbaren oder weiteren Umgebung auch heutzutage.

Die Fauna verweist auf Umstände die an der derzeitigen entsprechen. Die Felsenbewohner dominieren in absolutem Masse, in erster Reihe Chondrina clienta, die selbst 80 Prozent der Gesamtzahl erreicht.

Das Alter der Fauna dürfte eine, von der heutigen nicht sehr weit liegenden Phase des Holozäns vertreten. Eine genauere Einstufung wird nur in der Zukunft, in der genaueren Kenntnis der postglazialen Entwicklungs-geschichte der Schnecken-Fauna des Bükk-Gebirges durchgeführt werden können.

Der Vergleich dieser Fauna mit jener der Schicht
1. des Mittelpleistozäns scheint lehrreich zu sein

Obzwar die Felsenbewohner in beiden Faunen mit ähnlich hohen Prozentwerten vertreten sind, ist die Verteilung der einzelnen Elemente recht verschieden, da im mittelpleistozänen Material die *Clausiliiden* 70, *Chondrina clienta* 7 Prozent ergeben, wobei dieses Verhältnis im holozänen Material beinahe genau das verkehrte ist /10 zu 80 Prozent/.

Die ein trockeneres Klima eher bevorzugende *Chondrina*, andererseits die in den mittelpleistozänen Ablagerungen vorhandenen wärmeliebenden Arten sprechen dafür, dass jener Abschnitt des Holozäns, der hier vertreten ist, kühler und in der Niederschlagsmenge weniger ausgeglichen war, als jenes des "Interglazials" des Mittelpleistozäns.

Aufgrund der Differenzen zwischen den zwei Faunen, dürften noch, - ausser den Verschiedenheiten im klimatischen - bzw. Vegetationsbild, - auch andere Folgerungen gezogen werden u. zw. bezüglich des Biotopes einzelner Formen. Die meisten mittelpleistozänen Arten sind nämlich heute von felsiger Umgebung bekannt, so aus dem die Felsen bedeckenden oder sich in Felsenritzen anhäufenden Laub, von Stellen unter morschem Holz oder in dünnen Felsspalten selbst. Demgegenüber lebt die in der holozänen Fauna dominante Art *Chondrina clienta* auf Felswänden, ausgesprochen auf kahlen Felsen. Aufgrund dieser Tatsachen dürften wir auf jene morphologische Umwandlung folgern, die sich zwischen diesen zwei Perioden vollziehen sollte. Ob sich diese Veränderung auf tektonische Ursachen, ob auf die Tätigkeit der Erosion bzw. auf das Zusammenarbeiten dieser zwei Komponente zurückzuführen ist, begann dieser Vorgang annähernd mit einer mit Wald und Gebüsch bedeckter Oberfläche. Das Resultat musste eine bedeutendere geomorphologische Gliederung des Gebietes sein, das steilere und kahlere Felsen, zu Folge gehabt hat. Es ist nicht ausgeschlossen, dass dieser Prozess, - dessen zeitliche Identifizierung mit der der jungpleistozänen Erhebungsphase des

Mittelgebirges naheliegend zu sein scheint, - die Ruinierung der früheren grösseren Höhle bzw. die Entstehung der über der Felsnische emporragenden Felswand bewirkte.

Es soll späteren Untersuchungen vorbehalten werden, inwieweit diese Annahme zutreffend sein dürfte, Unabhängig davon soll aber an dieser Stelle festgelegt werden, dass der hier vorgeführte Gedankengang es zu beweisen scheint, dass die eingehende Analyse der quartären Schneckenfaunen nicht nur auf die einstigen Verhältnisse der Vegetation und es Klimas, sondern auf die Genetik der Morphologie eines gewissen Gebietes ein klareres Licht wirft.

LITERATURE

1. JÁNOSSY, D.: Vorläufige Mitteilung über die mittelpleistozäne Vertebratenfauna der Tarkő-Felsnische /NO-Ungarn, Bükk-Gebirge/.
2. JÁNOSSY, D.: Stratigraphische Auswertung der europäischen mittelpleistozänen Wirbeltierfauna /Teil I/, Ber.d. Deutsch. Ges. f. Geol.Wiss. A.Geol. u. Paläont., 14., 4. p. 367-438. 1969.
3. JÁNOSSY, D.: Die Tarkő-Wöhle... Karszt és Barlangkut., 8. 1975.
4. JÁNOSSY, D.: - KORDOS L. - KROLOPP, E. - TOPÁL, Gy.: The Porlyuk Cave of Jósvalő. Karszt- és Barlangkut., 7. p. 15-59. 1973.
5. KROLOPP, E.: A Buda környéki alsó-pleisztocén mésziszapok csigafaunájának állatföldrajzi és ökológiai vizsgálata. Doktori dissz. p. 1-141. 1961. /kézirat/
6. KROLOPP, E.: Mollusc Fauna of the Sedimentary Formations of the Quaternary Period, Hungary. Acta Geol. Hung., 9. p. 153-160. 1965.

7. KROLOPP, E.: Die Molluskenfauna. In: JÁNOSSY-KROLOPP-BRUNACKER: Die Felsnische Uppony I /Nordungarn/, Eiszeitalter u. Gegenw. 19. p. 37--41. 1968.
8. KROLOPP, E.: Die jungpleistozäne Molluskenfauna von Tata /Ungarische VR/, Ber.Deutsch. Ges. Geol. Wiss. Geol. Paläont. 14. 4. p. 491-505. 1969.
9. KROLOPP, E.: Quaternary Malacology in Hungary. Negyedkori malakológia Magyarországon. Földrajzi Közlem. 21. /97/, 2. p. 161-171. 1973.
10. KORMOS, T.: A süttői forrásmészkő-komplexum faunája. Die Fauna des Quellenkalk-Komplexes von Süttő. Állattani Közlem. 22. 3-4. p. 248-253. 1925.
11. LOZEK, V.: Quartärmollusken der Tschechoslowakei. Pozpr. U. U. G. 31. p. 1-347. 1964.
12. LOZEK, V.: Über die malakozoologische Charakteristik der pleistozänen Warmzeiten mit besonder Berücksichtigung des letzten Interglazials. Ber.Deutsch. Ges. Geol.Wiss. A. Geol. Paläont. 14. 4. p. 439-469. 1969.
13. SOÓS, L.: Mollusca - Puhatestűek /in: Székessy: Magyarország állatvilága - Fauna Hungariae/. 19. 1-3. p. 1-270. 1955-59.
14. ZILCH, A. - JAECKEL, S. G. A.: Ergänzung zu P. Ehrmann: Mollusken /1933/. p. 1-294. 1962.

A TARKŐI-BARLANG KÜZÉPSŐ-PLEISZTOCÉN, FELSŐ-PLEISZTOCÉN
ÉS POSZTGLACIÁLIS CSIGAFÁUNÁJA

KROLOPP E.

Összefoglalás

A Bükk-hegységi Tarkő csúcsa alatt mintegy 850 m-es magasságban DK-i irányba nyíló sziklafülke előterében, illetve a sziklafülkében 1959 és 1965 között 6 alkalommal J á n o s s y

D é n e s vezetésével őslénytani ásatás folyt /1. részlete-
sen a folyóirat azonos számában: J á n o s s y D.: A Tarkői-
barlang.../. A későpleisztocén - posztglaciális rétegek mel-
lett vastag középső-pleisztocén "terra rossa" rétegsort is
feltártak, amely egy nagyobb pleisztocénkori üreg kitöltésé-
nek bizonyult.

Az ásatás során gazdag csigafauna is előkerült, amelynek
az iszapolási anyagból való gondos kiválogatásáért és feldol-
gozásra való átengedéseért ez úton is köszönetet mondok.

A középső pleisztocén rétegek faunája

Az ásatás a kőfülke hátsó részénél, egy vastag kalcit-ré-
teg által alkotott "ál-fal" mögött /1. ábra, VI./ "terra ros-
sából" álló, 17 rétegre különíthető képződményt tárt fel. Ez
az egykori Tarkői-barlang kitöltése, amely gazdag emlős-fau-
nát szolgáltatott. A fauna vizsgálata alapján J á n o s s y
a sorozat 2-15. sz. rétegeit a pleisztocén új sztratigráfiai
egységként a Felső-bihari emeletbe tartozó "Tarkő-fázis" né-
ven írta le /J á n o s s y, 1962/, míg a három legmélyebb ré-
teget az Alsó-bihari emeletbe sorolta /J á n o s s y, 1969/.

A rétegsor csiga-anyaga igen szegényes, mintánként néhány
példány /1. a táblázatot/. A csigaházak jó megtartási állapo-
ta arra mutat, hogy nem gondolhatunk a héjak utólagos felol-
dására. Így fel kell tételeznünk, hogy a nagyobb méretű bar-
langnak az a része, ahonnan a rétegsort feltárták, akkor még
nem volt olyan közvetlen kapcsolatban a külvilággal, hogy a
környéken élt csigák házai ott felhalmozódhattak volna. U-
gyanakkor a házatlan csigáknak a mélyebb rétegekben aránylag
gyakori, illetve kizárólagos előfordulását úgy magyarázhatjuk,
hogy azok számára az üledékkel még alig kitöltött barlang
megfelelő körülményeket, elsősorban nedves környezetet és bú-
vóhelyet biztosított.

A középső-pleisztocén rétegsor 1.sz. rétege, amely egy
melléküregből került elő /1.sz. ábrát/, gazdag, 32 fajból
álló csigafaunát szolgáltatott. Az anyagnak mintegy a felé-

ből /4913 db/ mennyiségi kiértékelés is készült /1. az idegennyelvű szövegben/.

A fauna legnagyobb jelentőségű tagja a *Soosia diodonta*, amely a közép-európai interglaciálisok egyik "vezérfaja". A magyarországi pleisztocénből Süttőről /K o r m o s, 1925/ és Tatáról /K r o l o p p, 1969/, a Riss-Würm interglaciálisból ismeretes, upponyi előfordulása /K r o l o p p, 1968/ tévedésnek bizonyult. A másik érdekesség a *Phenacolimax annularis* előfordulása. Ez a csiga az Alpoktól Dél-Európán és a Krimen keresztül a Kaukázus környékéig elterjedt hegyvidéki faj, amely nálunk egyetlen ponton, éppen a bükki Tarkón él /S o ó s 1955-59/, míg fosszilisán a Porlyuk-barlang Riss-Würm interglaciális faunájából ismeretes /J á n o s s y - K o r d o s - K r o l o p p - T o p á l, 1973/.

A fenti két fajon kívül "interglaciális" szakaszra jellemzők: *Pyramidula rupestris*, *Cochlodina orthostoma*, *Iphigena densestriata*, *Laciniaris cana*, *Ruthenica filograna*, *Discus perspectivus*, *Cepaea vindobonensis*, *Helix pomatia*. Ugyancsak az "interglaciális" szakasz bizonyítéka a *Ruthenica filograna* nagyfokú dominanciája is.

A csigafauna legnagyobb része a sziklákon, sziklák mélyedéseiben, vagy a sziklákat borító avar alatt élő állat, ezért nyilvánvaló, hogy a csigahéjak a környező területről, elsősorban a barlang fölött emelkedő sziklákról kerültek valamilyen módon a barlangba és ott felhalmozódtak. Mivel a melléküreg, amelyből a tárgyalta l.sz. réteg anyaga származik, ma felfelé teljesen zárt, fel kell tételeznünk, hogy a külvilággal való kapcsolat valahol másutt lehetett és a héjakat a záporok vize mosta össze.

A réteg geológiai korára nézve a csigafauna alapján csak annyit mondhatunk, hogy a sztyeppfázissal kezdődő, majd erdei fázison keresztül ismét sztyepp-fázissal záródó Tarkői-szakasznál fiatalabb "interglaciálisról" van szó. Ez a szakasz az emlősfauna alapján a középső-pleisztocénnek az Upponyi-szakasznál idősebb részébe esik /3. a. malakológiai fázis: K r o l o p p, 1973/.

A Tarkői-kőfülke előterének IV-el jelzett részéből, 2 m mélységből kiásott anyag csigafaunája /1. az idegennyelvű szövegben/ ugyancsak "interglaciális" szakaszra utal.

A felső pleisztocén és posztglaciális rétegek faunája

A Tarkői-kőfülke előterének több pontján lemélyített kutatógödrökből csak az I.blokk felső szintjéből /1.az ábrát/ került elő gazdag csigafauna. Az 52 fajból csupán a *Discus ruderatus* hiányzik a Bükk-hegység mai faunájából. A faunában döntő többségben a sziklalakó alakok szerepelnek, mindenek előtt a *Chondrina clienta*, amely egymaga mintegy 80 %-os dominanciát ér el.

A fauna kora a holocénnek egy a mától időben nem túl messze eső szakasza lehet.

Érdekes, hogy míg a középső-pleisztocén anyagban a *Clausiliida*-fauna 70 %-os, a *Chondrina clienta* 7 %-os dominanciát ér el, addig a holocén faunában ez a két érték 10, illetve 80 %, tehát közel fordított arányú.

A szárazabb periódusokat is elviselő *Chondrina* magas dominanciája, másrészt a középső pleisztocén anyagban jelenlévő melegigényes fajok arra mutatnak, hogy a holocénnek az a szakasza, amelyből a fauna származik, a középső-pleisztocén "interglaciálisnál" hűvösebb, kevésbé kiegyenlített csapadékviszonyokkal bíró volt. Érdekes továbbá, hogy míg a középső-pleisztocén fauna zöme sziklás környezetben, így a sziklát borító, illetve a sziklamélyedésekben meggyűlő avar, fatörmélék alatt, vagy a sziklahasadékokban élt, a holocén faunában domináns *Chondrina clienta* szorosabb értelemben vett sziklalakó, amely elsősorban sziklafalakon, a kopár sziklákon mászkál. Ebből arra a morfológiai változásra is következtethetünk, ami a két periódus között végbement. Az a változás, amelyet akár tektonikus mozgás, akár eróziós tevékenység, illetve a kettő összhatása okozott, mindenképpen egy korábban erdővel, bokrokkal benőtt felszint érintett. Eredménye a terület kopárabb, meredekebb sziklával való fokozottabb tagoltsága lett. Lehet-

séges, hogy ez a folyamat okozta a korábbi barlang pusztulását a jelenlegi sziklafülke előtti meredek lejtő, illetve a fölötté levő sziklafal kialakulásával, Hogy ez a feltételezés mennyire helytálló, azt a későbbi vizsgálatok hivatottak eldönteni.

MIDDLE-PLEISTOCENE AND UPPER-PLEISTOCENE-POSTGLACIAL
GASTROPODA FAUNA OF THE TARKŐ-CAVE

by
E. KROLOPP

Summary

Among others a rich Gastropoda fauna was also discovered beneath the Tarkő-peak at an elevation of about 850 m in the Bükk-Mountains in the foreground of a rock-shelter extending in Southeast direction during the excavation made from 1959 to 1965/see in more detail "The Tarkő-cave..." written by D. J á n o s s y in this periodical/.

The first layer of the Middle-Pleistocene formation series supplied a gastropoda fauna consisting of 32 species. A quantitative evaluation was also made from the half part of the whole material /that is, a total of 4913/. Beside the species of *Soosia diodonta* and *Phenacolimax annularia*, the other warm-demanding forms of the *Ruthenica filograna* indicate an interglacial stage. It is younger than the Tarkő-phase and older than the Upponyphase of the Middle-Pleistocene /Malakological-phase No.3a. by K r o l o p p, 1973/.

A rich postglacial fauna consisting of 52 species was found in a single site of an exploratory pit which was dugged in the foreground of the rockshelter. After comparing the data resulted from the quantitative study of this fauna with that of the Middle-Pleistocene, a conclusion can be drawn that morphological changes were taken place between the two periods. As a consequence, the study area became more bare and more diffe-

rentiated through abrupt rocks. The destruction of the earlier cave was probably caused by this process which has led to the development of the steep slope in front of the present rock-chamber and rocky wall above it.

MEZPLEISTOCENA KAJ POSTGLACIALA HELIKO-FAŬNO DE LA GROTO TARKŐI

E. KROLOPP

Resumo

Dum la esplorfosado ek de 1959 ĝis 1965 en la antaŭĵo de ŝtononiĉo malfermiĝanta en la direkto SE, situanta en la alteco ĉ. 850 m sub la pinto Tarkő de la montaro Bükk /V. detale en sama libro: D. J á n o s s y: La ŝtononico Tarkői oni trovis riĉan heliko-faŭnon.

La 1-a tavolo de la mezpleistocena tavolaro donis heliko-faŭnon kun 32 rasoj. La duonon /4913.p./ de la trovaĵo oni ankaŭ kvantitative taksis. La superrego de la Ruthencia filograna, kaj alivaj varmobezonantaj rasoj apud la Soosia diodonta kaj Phenacolimax annularis aludas al interglaciala fazo, kiesepoko apartenas al la parto de pleistoceno, pli juna ol Tarkő, malpli juna ol Uppony /3.a. malakologia fazo: K r o l o p p, 1973/.

En la esplorfosadoj faritaj en la antaŭaĵo de la ŝtononiĉo troviĝis riĉa postglaciala faŭno kun 52 rasoj. La indikojn de la kvantitativa analizo de tiu faŭno komparente kun la indikoj de la mezpleistocena faŭno, ni povas konkludi pri la morfologiaj ŝanĝoj okazintaj inter la du periodo. La surfaco estiĝis pli nuda, per krutaj rokoj plie dispartigita. Verŝajne tiu procezo detruis la pli fruan groton, kun la elformiĝo de la kruta deklivo antaŭ la hodiaŭa ŝtononiĉo, kaj de la rokmuro super ĝi.

СРЕДНЕ-ПЛЕЙСТОЦЕНОВАЯ И ПОСТ-ГЛЯЦИАЛЬНАЯ МОЛЛЮСКОВАЯ ФАУНА ПЕЩЕРЫ В ТАРКЕ

Е. КРОЛОП

РЕЗЮМЕ

В процессе раскопок, проведенных в период между 1959 и 1965 годами в передней части ниши в скале, выступающей в юго-восточном направлении на высоте 850 м, под вершиной Таркё горного массива Бюкк /подробное изложение приводится в статье Д. Я н о ш и "Каменная ниша ..." в этом же номере/ была обнаружена, наряду с прочим, и богатая моллюсковая фауна.

В слое I. средне-плейстоценовых наслоений была обнаружена моллюсковая фауна, состоящая из 32 видов. Примерно из половины обнаруженного материала /4913 шт./ была проведена и количественная оценка. Обнаруженные наряду с видами *Soosia diodonta* и *Phenacolimax annularis* и прочие теплолюбивые формы, а также значительное преобладание *Ruthenica filograna* свидетельствует об "интергляциальном" этапе, возраст которого моложе возраста таркёского этапа среднего плейстоцена, но старше этапа Уппонь /малакологическая фаза: К р о л о п 1973 /.

В разведочных шурфах, углубленных в передней части каменной ниши, в одном месте была обнаружена богатая, состоящая из 52 видов пост-гляциальная фауна. Сравнив данные количественных исследований этой фауны с данными средне-плейстоценовой фауны, можно сделать выводы о морфологических изменениях, происшедших за промежуток времени между этими двумя периодами. Результатом этого явилась большая оголенность территории, повышенное разделение ее крутыми скалами. По всей вероятности этот процесс вызвал гибель предыдущей /более ранней/ пещеры путем образования перед имеющейся в настоящее время нишей в скале крупного крутого склона, и расположенной над ней отвесной скале.

VÍZKÉMIAI VIZSGÁLATOK A KEVÉLY-CSOPORT NÉHÁNY BARLANGJÁBAN**KORDOS L.**

A Kevély-csoport /Pilis hg./ barlangjainak részletes kutatását 1965-ben a S z a b ó J ó z s e f Geológiai Technikum barlangkutató csoportja indította el. A munkát 1969-től 1971-ig a "Szepeleológiai" barlangkutató csoport tagjai folytatták, melynek során az alapvető kataszterezési munka mellett kísérleti jelleggel földtani, klimatológiai, biológiai, hidrológiai, illetve vízkémiai vizsgálatokat végeztek a Kevély-csoport barlangjaiban. /13, 14, 18, 19/.

A Kevély-csoport /Fehér-hegy, Kevély-vonulat Csobánkától Örömgig, Csúcs-hegy, Oszoly, Majdánplató, Harapovács /mintegy 50 barlangja közül kilencben /1.ábra/ vízkémiai vizsgálatok történtek összesen 15 mintavételi pont felhasználásával. A vizsgált vizek mindegyike a fedőkőzeten átszivárgott barlangi víz volt, ezen belül D u d i c h E. /7/ felosztása szerint az alábbiak:

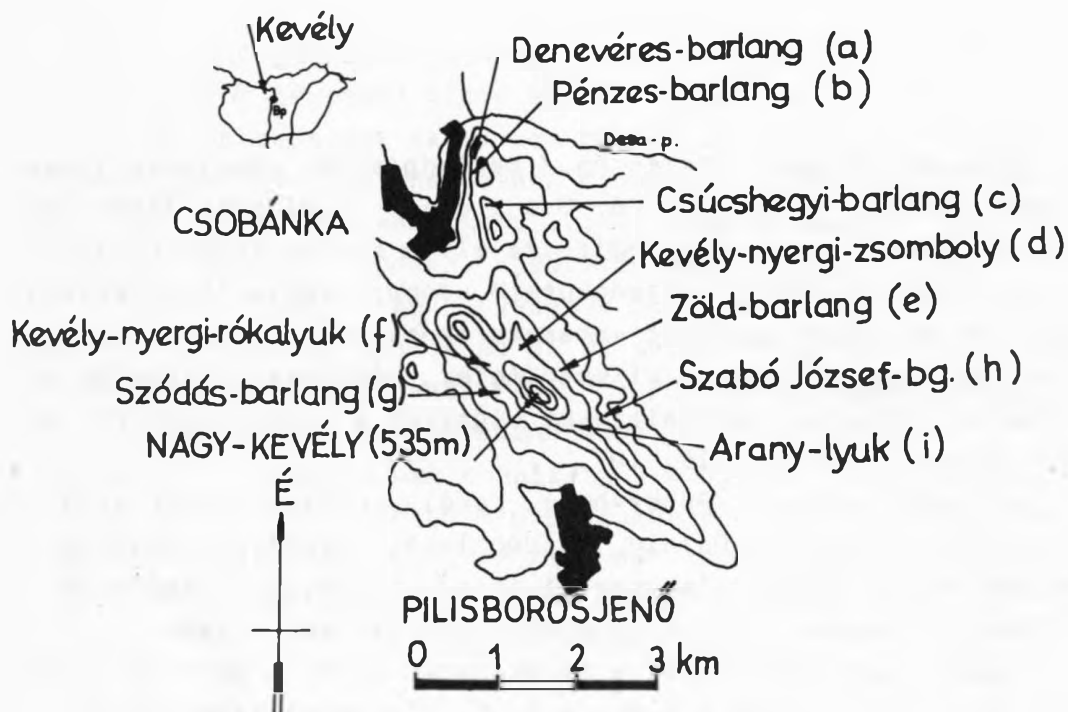
1. cseppkövek belsejéből csepegő vizek
2. cseppkő lefolyásokról csepegő vizek
3. falakról, mennyezetekről csepegő vizek
4. cseppkövek alatt összegyűlt talajtócsák
5. cseppkőmedencékben összegyűlt vizek

A barlangok jellege miatt a patakos barlangokra vonatkozó 6. - 8. típusokat természetesen nem lehetett vizsgálni. Az azonos kategóriába tartozó vizek még egy barlangon belül sem voltak teljesen azonosak a megadott típusokkal, mert a vízmin-

tavételek különböző földtani körülmények között történtek. A D u d i c h - féle felosztás elsősorban biológiai szempontok alapján készült.

Mintavételi és vizsgálati módszerek

A tócsákból, illetve csepegőhelyekről gyűjtött vízmintákat



1. ábra: A Kévély-csoport vázlatos térképe a vizsgált barlangok helyének feltüntetésével.

Abb. 1. Kartenskizze der Kévély-Gruppe mit Anführung der Stellen der untersuchten Höhlen. a: Denevéres-Höhle, b: Pénzes-Höhle. c: Csúcshegyi-Höhle. d: Kévély-nyergi-Schacht, e: Zöld-Höhle, f: Kévély-nyergi-Fucheloch g: Szódás-Höhle, h: Szabó József-Höhle, i: Arany-lyuk-Höhle.

légmentesen lezárt műanyag flakonban és üveg dugós epruvettában szállítottuk Budapestre, ahol vízkémiai laboratóriumban 48 órán belül elemzésre kerültek.

A vizelemzések a már nagyrészt klasszikusnak számító fél-mikró térfogatós módszerrel történtek, M a u c h a R. /15/ D o n á s z i E. /6/ valamint H o l l y F. /11/ leírásai alapján. Az egyes jellemzők meghatározásának módszertani leírása az idézett dolgozatokban található meg, melyet röviden az alábbiakban foglalhatunk össze:

A pH meghatározását tizedes fokozatú pH papírral végeztük, a lugosság meghatározását n/10 sósavas titrálással végeztük metilorange indikátor jelenlétében. Az összes keménységet Komplexon III. mérőoldattal határoztuk meg, eriokróm fekete T indikátorral és Puffer I. alkalmazásával. A karbonát változó keménységét úgy határoztuk meg, hogy lugosság értékét megszoroztuk 2,8-del / nk^0 /. Az állandó keménységet az összes keménység és a karbonát keménység különbségéből számítottuk ki / nk^0 /. A kalcium keménységét Komplexon III. mérőoldattal határoztuk meg Puffer II. kezeléssel, murexid indikátor jelenlétében. A magnézium keménységét az összes keménység és a kalcium keménység különbségéből számítottuk ki / nk^0 /. A Ca-ion tartalmat a kalcium keménység vizsgálatánál fogyott Komplexon III. ml-ek számából 0,4008 értékkel való szorzással határoztuk meg 1000 ml-re vonatkoztatva a fogyott mennyiséget. A Mg-ion koncentrációt a magnézium keménység értékéből 4,337-tel való szorzással számítottuk ki / mg/l /. A HCO_3 -ion koncentrációt a lugossági fok értékéből számítottuk 61,01-dal való szorzás útján. A SiO_2 koncentráció meghatározását ammoniummolibdát hozzáadásával kolorimetrikus úton végeztük. A SO_4 -ion koncentráció meghatározását 10 %-os sósavas kezeléssel és 10 %-os báriumklorid adagolással végeztük el a csapadék keletkezési idejének meghatározásával. A Cl-ion koncentráció meghatározásához a vizsgálandó vizet 10 %-os káliumkromát jelenlétében titráltuk ezüstnitrát alkoholos oldatával. A szabad CO_2 meghatározását az 1 %-os glicerines fenolftaleines víz tartós rózsaszínig való titrálásával végeztük el. A mérőoldat n/100 nátriumkarbonát oldat volt.

A kötött CO_2 -ot a lugossági-fokból számítottuk ki 22,0-vel való szorzással. Az összes CO_2 mennyiségét a kötött CO_2 és a szabad CO_2 összegéből számítottuk ki. A járulékos CO_2 -ot a Tillmans-féle táblázat alapján határoztuk meg.

A fentiek alapján 8 mérésből 17 lényeges vízkémiai adatot lehetett nyerni. Nem határoztunk meg olyan fontos összetevőket, mint a vizek oldott oxigén tartalma, illetve az ammónia mennyisége.

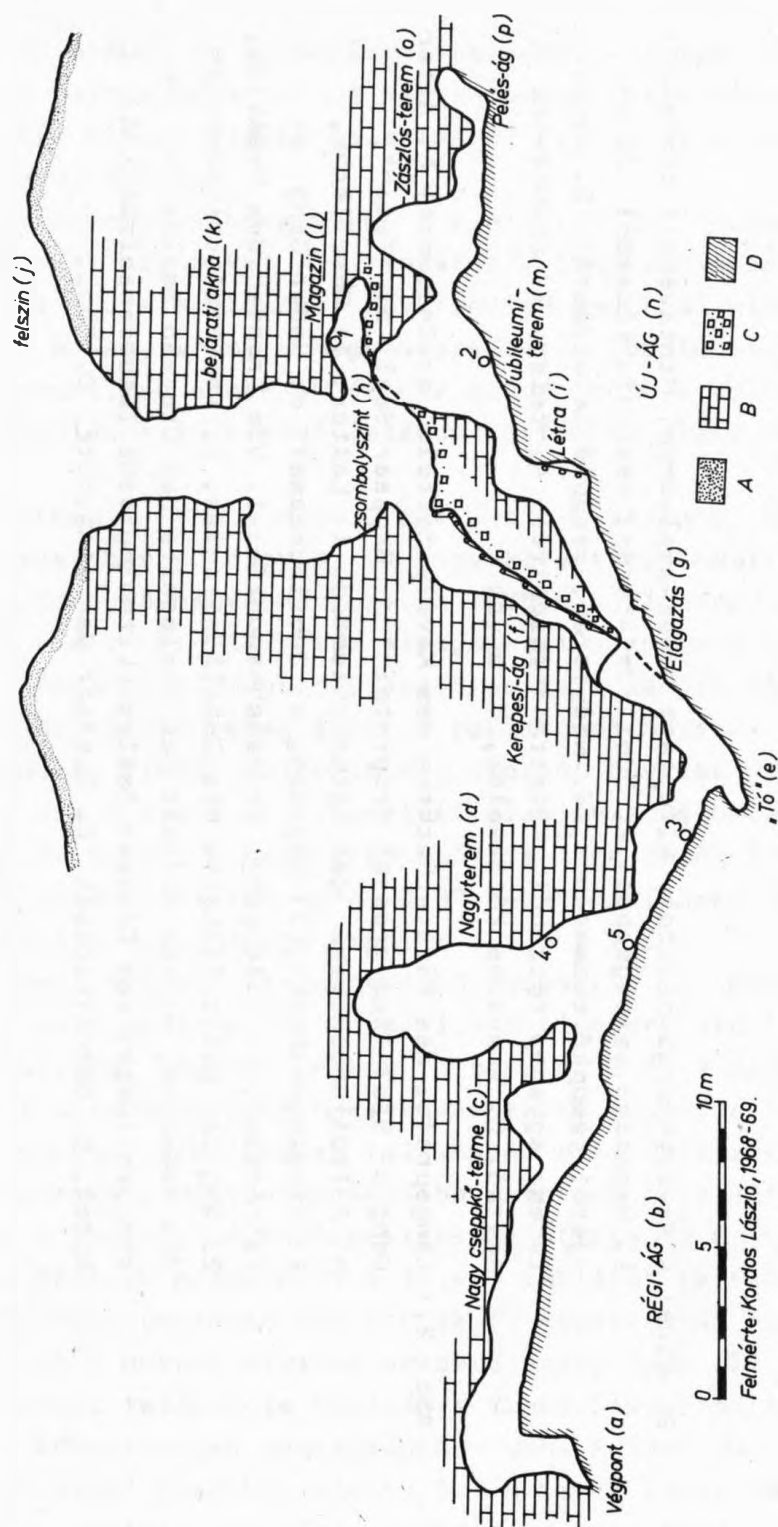
Az elemzéseket Wehovszky Erzsébet és Kordos László végezték a "Szpeleológia" barlangkutató csoport tagjainak anyagi segítségével és közreműködésével.

A mintavételi pontok jellemzése

Czájlik I. és Fejérdy I. /4/ által ajánlott környezeti faktorokat figyelembe véve az alábbiakban jellemezzük a vizsgált barlangokat és a mintavételi helyeket:

A Kevély-nyergi-zsomboly a kevélynyergi turistaháztól K-re 500 méterre, ligetes lomberdőben nyílik 396 m.t.sz.f. magasságban /1. ábra/. Az alapkőzetet 30-60 cm vastag barna erdei talaj fedi, amely néhol baritos hárshegyi homokkő törmeléket tartalmaz. A zsomboly teljes egészében a felső triász dachsteini mészkőben keletkezett valószínűleg hévizes uton. A barlang vastag /4-6 m/ agyagos kitöltésében kimutatható a felszínről már lepusztult kiscelli-agyag /Szenthe I. /21/. A zsomboly alsó szakaszának átlaghőmérséklete $9,5^{\circ}\text{C}$. Szabályár P. és Haas J. /10, 18/ műszeres beszivárgás vizsgálatokat kezdtek, de a beépített műszereket idegenek hamarosan tönkretették. Többéves tapasztalat alapján megállapítható volt, hogy napokig tartó esőzés után és hóolvadás esetén az inaktív cseppkövek aktivakká válnak, az agyagos kitöltés felső 20-30 cm-es része vízzel telítődik és igen higlesz. Ez az állapot 2-3 hetes viszonylag csapadékmentes időszakban megszűnik, a víz elszivárog.

Az egyes mérési pontok helyét a 2. ábra tartalmazza. A Nagyterem tócsája a tágas terem agyagos mélyedésében gyűlt



2. ábra - Abb. 2.

2. ábra: A Kevélynyergizsomboly kifejtett hossz-szelvénye. Mintavételi pontok:

1. Magazin; csepegésből, 2. Jubileumi-terem; mésztufa tócsából. 3. H-járó; cseppkő medencéből, 4. Nagyterem, cseppkő lefolyásról, 5. Nagyterem; agyagos tócsából. Kőzettani felépítés: A. talaj, B. dachsteini mészkő, C. humuszos kőtörmelék, D. agyag.

Abb. 2.: Längsprofil des Karstschachtes des Kevély-Sattels. a: Endpunkt, b: Alter Gang c: Saal "Zum grossen Tropfstein" d: Grosser Saal, e: "Teich", h: Auffüllungsniveau des Naturschachtes, i: Leiter, j: Oberflöche, k: Eingangsschacht, l: Magazin, m: Jubiläumssaal, n: Neuer Gang, o: Fahrensaal, p: Bilchgang. Probenahmepunkte: 1. Vom Tropfen des Magasins, 2. Von der Kalktuff-Lacke des Jubiläumssaales, 3. Vom Stalactitenbecken des H-Ganges, 4. Vom Abfluss des Stalagmits des Grossen Saales, 5. Von tonigen Tümpel des Grossen Saales. Lithologische Zusammensetzung: A. Boden, B. Dachsteinkalk, C. Humöser Gesteinschutt, D. Ton.

össze, a H-járóból és a Jubileumi-teremből, agyagos cseppkő-medencéből származik a víz. A Nagyteremben aktív cseppkőről, a Magazinból oldott mészkő felszínéről származik a csepegésből összegyűjtött víz.

A Kevély-nyergi-zsombolyban H a a s J. /10/ végzett először vízkémiai méréseket /I. táblázat/. 1969 áprilisában K o r d o s L. a hóolvadást követően pH papírral vizsgálta a Magazin, a Nagyterem, a Nagycseppkő és a Jubileumi-terem csepegő vizeit, és annak pH értéke mindenhol 6,0 volt. A részletes vizsgálatok 1970 első felében történtek /lásd I. táblázatot/.

Az ezüsthelyi S z a b ó J ó z s e f - barlang 336 m.t. sz.f. magasságban a Tölgyfa, v. Nagy-kőfejtőben nyílt meg a hárshelyi homokkő bányászása során 1965-ben /1. ábra/. S z a b l y á r P. /18/ /19/ vizsgálatai alapján a barlang fedőjét a hárshelyi homokkő összetöredezett padjai alkotják. Néhány cm-es márgás réteg alatt a barlang dachsteini mészkőben képződött, minden valószínűség szerint hévizes uton. /3. ábra/. S z a b l y á r P. mérései alapján a dachsteini mészkő 98,33 %-ban, a Nagyterem mállott fala 81,66 %-ban, a hárshelyi homokkő alatti márga 8,33 %-ban tartalmaz CaCO_3 -ot.

A vízkémiai vizsgálatok mind S z a b l y á r P. /18/, mind a "Szpeleológia" barlangkutató csoport a barlang leg-távolabbi pontján lévő /3. ábra/ 1,5 m² alapterületű "Csobogó" nevű pocsolyából végezte. A kis tó egy kb. 8-10 m magas, dachsteini mészkőből álló borsóköves kúrtó alján, a hárshelyi homokkő agyagos törmelékében található. A tó felduzzadt vizét időszakosan a Nagyterem mélyebb szintjén lévő kőtörmelék nyeli el. A barlang léghőmérsékletének átlaga 10,5 °C. A vízkémiai mérések eredményét a II.sz. táblázat tartalmazza.

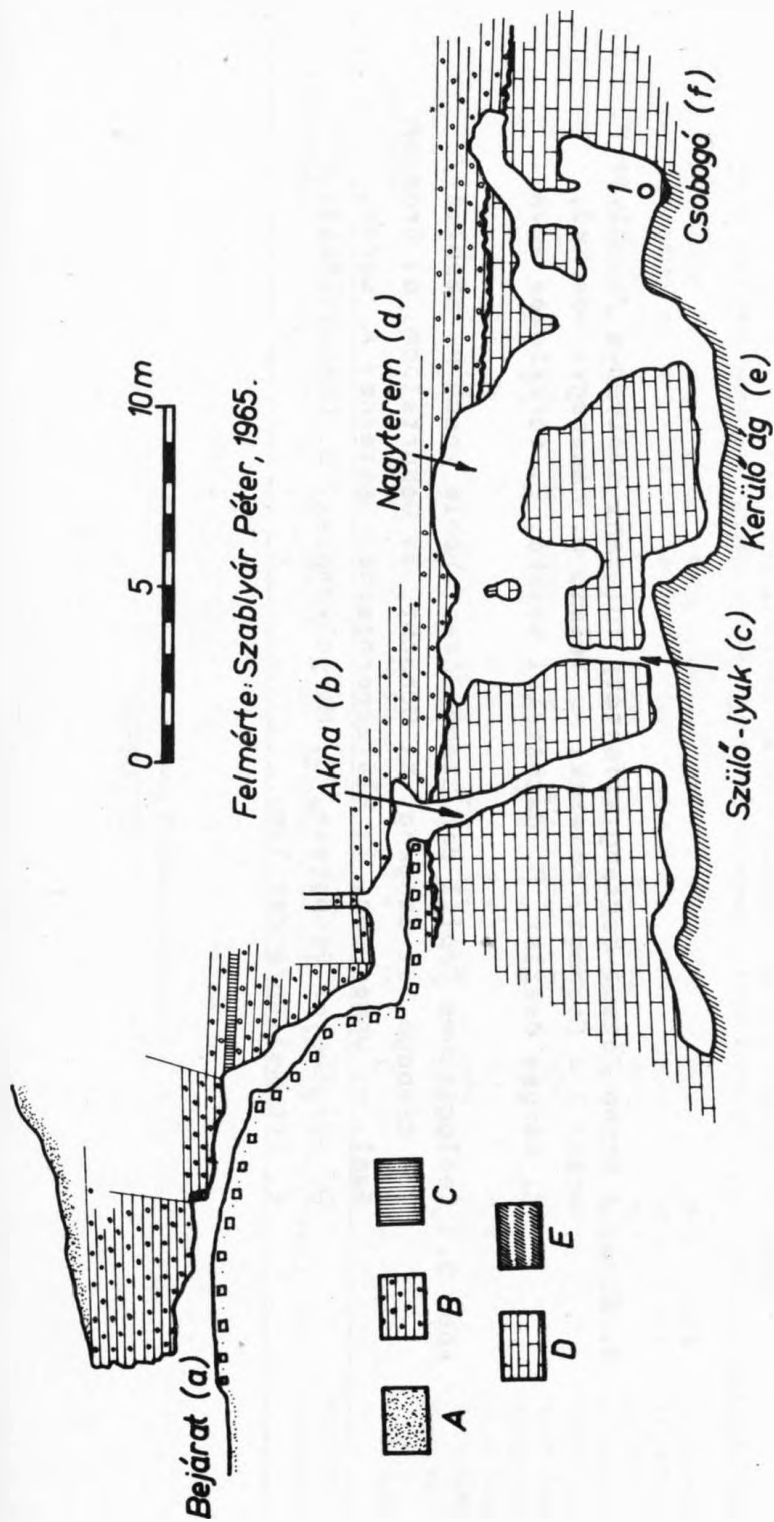
Az Ezüsthely gerincén 400 m t.sz.f. magasságban nyíló 40 m mély és 75 m hosszú hévizes eredetű Arany-lyuk /1. és 4. ábra/ földtani felépítése hasonló a Szabó-József-barlanghoz. Eltérés a kőzetrétegek vastagságában van. A fedő kb. 1,5 m vastag hárshelyi homokkő, alatta 3-4 m tarka agyag következik, majd a barlang nagyrésze dachsteini mészkőben alakult

1. Táblázat

Kaválynagygyártóüzemből vett vízminőség
elemzési eredményei

Mintavétel időpontja:	pH	órasz. kem. nko	Áll.kem. nko	Ca ⁺⁺ mg/l	Mg ⁺⁺ mg/l	W ^o	HCO ₃ ⁻ mg/l	szab.CO ₂ mg/l	órasz.CO ₂ mg/l	SiO ₂ mg/l	SO ₄ ⁼⁼ mg/l	Cl ⁻ mg/l	Mintavétel helye:
1970.02.03.	7,0	16,8	5,46	-	-	4,05	247,09	-	-	9,54	-	-	Nagyterem, tócaa
1970.03.01.	7,0	12,3	3,91	80,1	4,8	3,00	183,03	-	-	8,20	-	-	Nagyterem, tócaa
1970.03.22.	-	19,0	5,63	132,2	14,1	4,42	259,66	12,10	109,34	7,87	-	-	Nagyterem, tócaa
1970.03.29.	-	17,3	5,18	112,2	7,0	3,97	242,20	12,59	99,93	8,23	-	-	Nagyterem, tócaa
1970.04.05.	-	18,4	1,10	130,2	1,0	6,18	377,04	9,32	214,36	12,15	80	-	Nagyterem, tócaa
1970.04.05.	-	18,4	-	-	-	4,38	267,22	-	-	-	-	-	Nagyterem, csapadéga
1970.04.05.	6,8	26,88	15,52	180,3	7,3	3,7	225,73	10,69	92,00	16,39	100	-	H-járdó, tócaa
1970.05.17.	-	10,08	0,19	50,0	13,3	3,53	215,37	9,74	87,40	12,19	75	-	H-járdó, tócaa
1970.02.13.	7,0	16,01	3,76	-	-	4,38	267,22	-	-	-	-	-	Dubillaumi terem, tócaa
1970.04.05.	-	26,88	12,38	184,3	4,8	5,18	316,03	9,74	123,70	12,15	120	-	Dubillaumi terem, tócaa
1970.06.07.	-	33,60	18,76	224,4	9,7	5,30	323,35	14,09	130,60	-	120	-	Dubillaumi terem, tócaa
1970.04.05.	-	15,12	1,52	108,2	-	4,86	296,60	1,03	108,17	12,15	76	-	Megezin, csapadéga
1966 /HAAS/	7,3	17,55	6,63	-	-	3,9	-	14,4	100,8	-	100	-	Csepptórdl
7,5	17,83	7,58	-	-	-	3,65	-	13,2	93,3	-	88	-	agygas tócaából
7,2	18,11	7,70	-	-	-	3,72	-	13,5	95,5	-	130	-	Dubillaumi terem, tócaa

HAAS J. /1966/ mérésénél az első minta vízhőmérséklete 8,0-8,2 °C. Az agygas tócaól vett minta zavaros. A másik kettőnél vett
minta átlátszó. Az ellenállás értéke a csepptórdl szárazzó mintánál 2000 Ohmcm, az agygas tócaól szárazzó mintánál 1973 Ohmcm.



3. ábra - Abb. 3.

3. ábra: A Szabó József-barlang kifejtett földtani szelvénye /Szablyár P. után/ 1 = Csobogó, Kőzetek: A. talaj, B. hárshegyi homokkő, C. márgás öszlet, D. dachsteini mészkő, E. törmelékeny agyag.

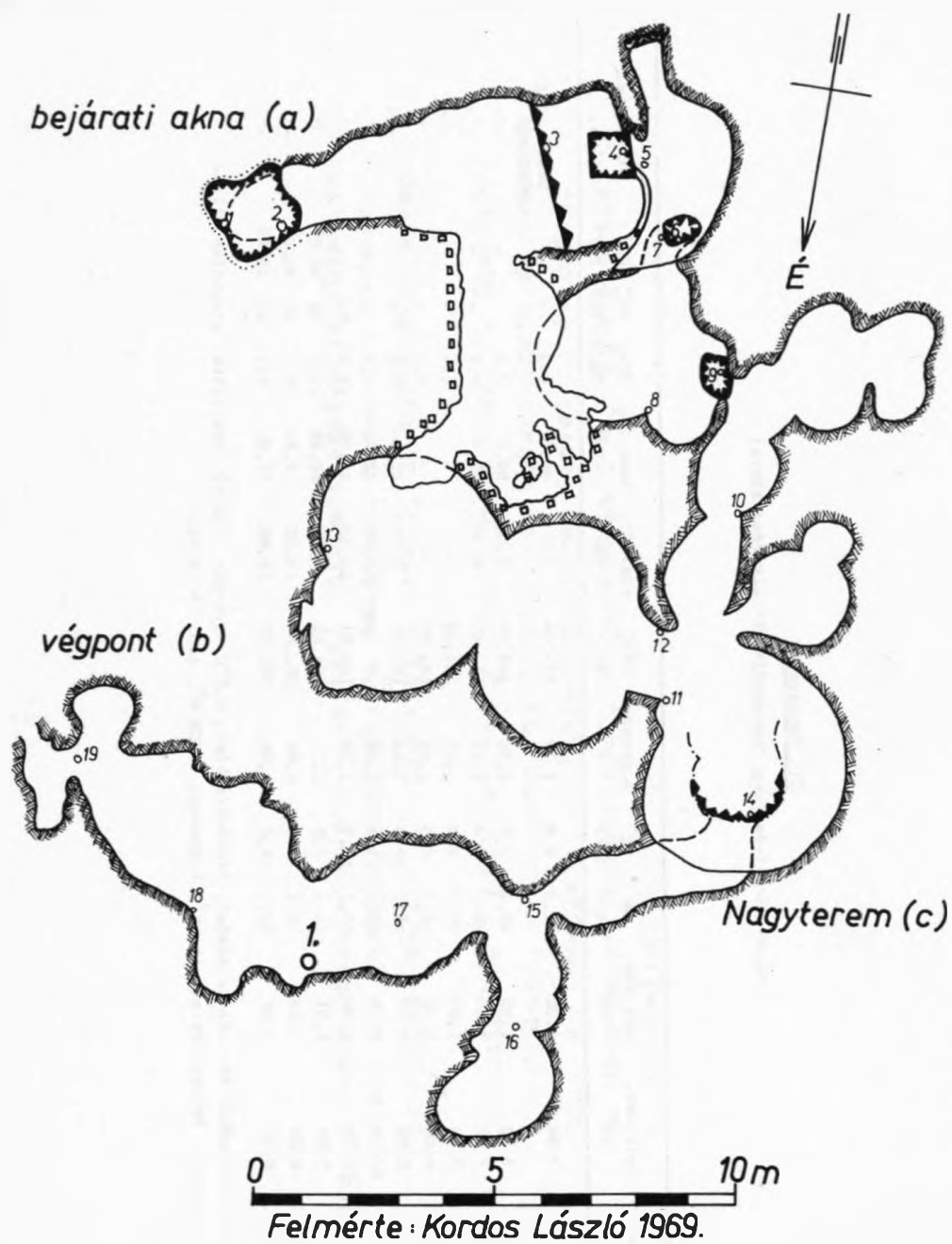
Abb. 3.: Geologisches Profil der Szabó József-Höhle /nach P. Szablyár/
 1 = Csobogó, a: Eingang, b: Schacht, c: Geburtsloch, d: Grosser Saal, e: Umweggang, f: Plätschernische. Gesteine: A. Boden, B. Hárshegyer Sandstein, C. Mergelkomplex, D. Dachsteinkalk, E. Trümmelführender Ton.

II. Táblázat

A Szabó József-barlang "csobogójának" elemzési adatai

Mintavétel időpontja:	pH	össz. kem. nk°	áll. kem. nk°	Ca ⁺⁺ mg/l	Mg ⁺⁺ mg/l	lúgosság w°	HCO ₃ ⁻ mg/l	szab. CO ₂ mg/l	össz. CO ₂ mg/l	SiO ₂ mg/l	SO ₄ ⁻ mg/l	Cl ⁻ mg/l	Mintavétel helye:
1970.02.01.	-	7,96	2,02	52,1	2,9	2,12	129,34	4,2	48,6	8,3	-	-	Szabó József-barlang
1970.03.08.	-	7,56	0,95	48,1	3,6	2,36	143,98	4,08	56,0	7,2	-	-	-
1970.02.22.	-	7,28	1,09	48,0	2,4	2,21	134,83	4,08	52,7	7,1	-	-	-
1970.03.01.	-	7,28	1,23	48,0	2,4	2,16	131,78	-	-	6,7	-	-	-
1970.03.08.	-	8,00	1,42	48,0	5,5	2,35	143,37	-	-	6,8	-	-	-
1970.03.21.	-	9,68	5,08	38,0	18,9	1,64	100,05	9,72	45,80	8,5	-	-	-
1970.03.29.	-	10,08	6,08	50,1	13,3	1,43	97,24	10,69	42,15	8,1	-	-	-
1970.04.10.	-	10,08	5,32	50,1	13,3	1,70	103,71	11,30	48,70	13,5	60	-	-
1970.04.19.	-	7,50	1,31	50,1	7,2	2,21	134,83	7,70	56,39	10,2	75	36,67	-
1970.05.31.	6,8	8,96	1,54	54,1	6,1	2,65	161,67	14,92	73,20	8,1	40	31,60	-
1970.06.07.	6,5	8,40	0,98	52,1	4,8	2,65	161,67	13,66	71,90	9,4	16	16,65	-

1966 /SZABLYAR P./ a Csobogóból vett minta adatai: vízhőmérséklet: 9,5°C, gyengén földizű, opalizáló, szagtalan, kissé zavaros, összes kem.: 3,18 nk°, lúgosság: 1,306 w°, SiO₂: 9,16 mg/l.



4. ábra: Az Aranylyuk vetületi alaprajza. 1 = mintavételi pont.

Abb. 4.: Grundriss der Aranylyuk-Höhle. 1 = Probenahmepunkt.

a: Eingangsschacht, b: Endpunkt, c: Grosser Saal.

ki. A zsomboly felső szakaszát kötörmelék, alját vastag agyagos homok tölti ki. A barlang végpontja előtt kb. 35 m mélységben a dachsteini-mészkő falon állandó csepegés mellett cseppkőlefolyás keletkezett. A víz a végponton az agyagos kitöltésen keresztül szivárog el. A vegyvizsgálatra vett minták a cseppkőről lecsöpögő vizből származnak. A barlang léghőmérsékletének átlaga $10,5^{\circ}\text{C}$. Az elemzési eredményeket a III. táblázat tartalmazza.

A Csúcshegyi-barlang /Csobánka/ dachsteini mészkőből képződött 22 m hosszú üreg. Lefelé tartó szűk járatában barna agyagkitöltés található. Mindkét minta ez utóbbi barlangszakaszból agyagtócsából és csepegőhelyekről származik. A mintavétel idején és helyén a léghőmérséklet $5,2^{\circ}\text{C}$ volt.

A Pénzes-barlang az Oszoly É-i letörésének sziklás oldalában nyíló két bejáratú, 16 m hosszú üreg. Eredetét tekintve valószínűleg roncsbarlang. Dachsteini-mészkőben keletkezett éppúgy, mint a tőle néhány méterre lévő Denevéres-barlang. A minták a hóolvadást követően a mennyezet csepegőhelyeiről származnak. Az előzőben $5,4^{\circ}\text{C}$, az utóbbiakban $5,7^{\circ}\text{C}$ volt a léghőmérséklet a mintavétel idején.

A Kevély-nyergi-rókalyuk két bejáratát összekötő rövid, dachsteini-mészkőben kialakult folyósójának csepegőhelyéről származik a következő minta. A mintavétel időpontjában a léghőmérséklet $2,2^{\circ}\text{C}$ volt.

A Zöld-barlang másfél méter mély kutatóárkában a hóolvadás, majd az esőzések révén összegyűlt víz került elemzésre. A barlangot bezáró kőzet dachsteini mészkő, az árok szelvényében felül növényi kötörmelékes humusz, alul barnásvörös, óholocén korú agyagos kitöltés található. A vizsgált víz hőmérséklete $5,0^{\circ}\text{C}$ volt.

A felső triász dolomitban keletkezett a 6 m hosszú és széles Szódás-barlangból /Havasi Gyopár-sziklaüreg/ egyidőben történt mintavétel a barlang hátulsó részén a dolomitból csepegő vizből, valamint a bejárat feletti párkányon képződött jégcsapból.

III. Táblázat

Az Arany-lyuk, a kisebb kevélyi barlangok, valamint néhány más
barlang vízének elemzési adatai

Mintavétel időpontja:	pH	össz.kem. nk ^o	áll.kem. nk ^o	Ce ⁺⁺ mg/l	Mg ⁺⁺ mg/l	Lugosság w ^o	HCO ₃ ⁻ mg/l	szab.CO ₂ mg/l	össz.CO ₂ mg/l	SiO ₂ mg/l	SO ₄ ⁺⁺ mg/l	Cl ⁻ mg/l	Mintavétel helye:
1970.02.08.	6,6	19,33	2,19	116,2	15,3	6,12	373,38	3,88	138,53	3,5	-	-	Arany-lyuk-csepe- gőhely
1970.02.22.	-	18,48	6,64	108,2	14,5	4,23	258,07	4,55	97,61	8,8	-	-	- " -
1970.04.10.	-	19,04	12,91	132,2	2,4	2,19	133,61	13,46	130,06	9,4	100	30,04	- " -
1970.03.22.	6,6	14,50	3,83	-	-	3,81	232,44	-	-	-	-	-	Caucsahégyi-bg.cse- pegés
1970.03.22.	-	14,0	6,09	88,1	7,2	2,82	172,04	6,41	68,45	7,1	-	-	Caucsahégyi-bg.tócsa
1970.03.22.	6,8	11,76	1,09	88,1	2,8	3,81	232,44	-	-	-	-	-	Pénzes-bg.csepegés
1970.03.22.	6,8	12,13	1,47	96,1	0,0	3,81	232,44	-	-	-	-	-	Denevéres-bg. - " -
1970.04.05.	-	12,32	4,90	84,1	2,4	2,65	161,67	-	-	-	110	-	Kevélynyergi-róka- lyuk
1970.04.05.	-	12,88	5,46	40,8	29,1	2,65	161,67	-	-	-	95	-	Szódás-bg.csepegés
1970.04.05.	-	8,4	4,71	40,0	12,14	1,32	80,53	-	-	-	90	-	Szódás-bg., jég
1970.04.05.	-	12,88	2,99	92,1	0,0	3,53	215,36	9,32	86,98	9,4	68	-	Zöld-bg., tócsa
1970.04.19.	-	12,88	7,95	84,1	17,0	1,76	107,37	8,70	47,42	12,1	60	71,98	Szemlőhegyi-bg., Ivó-tó
1970.04.19.	-	14,00	7,82	84,1	9,7	2,21	134,83	8,91	57,53	10,2	75	-	Szemlőhegyi-bg., Csepegés
1970.07.05.	-	10,08	-	-	-	2,60	158,62	-	-	-	-	-	Negyoldali-za., csepegés
1970.08.03.	6,9	12,88	3,00	92,1	nyom.	3,53	215,33	67,80	145,50	9,4	75	26,67	Oestrarnos,táró, tócsa
1970.08.08.	7,2	10,80	4,61	64,12	7,9	2,21	134,83	23,21	71,80	7,0	63	21,65	Oestrarnos,Rákóczi bg., csepegés

A vizsgált minták vízkémiai jellemzése

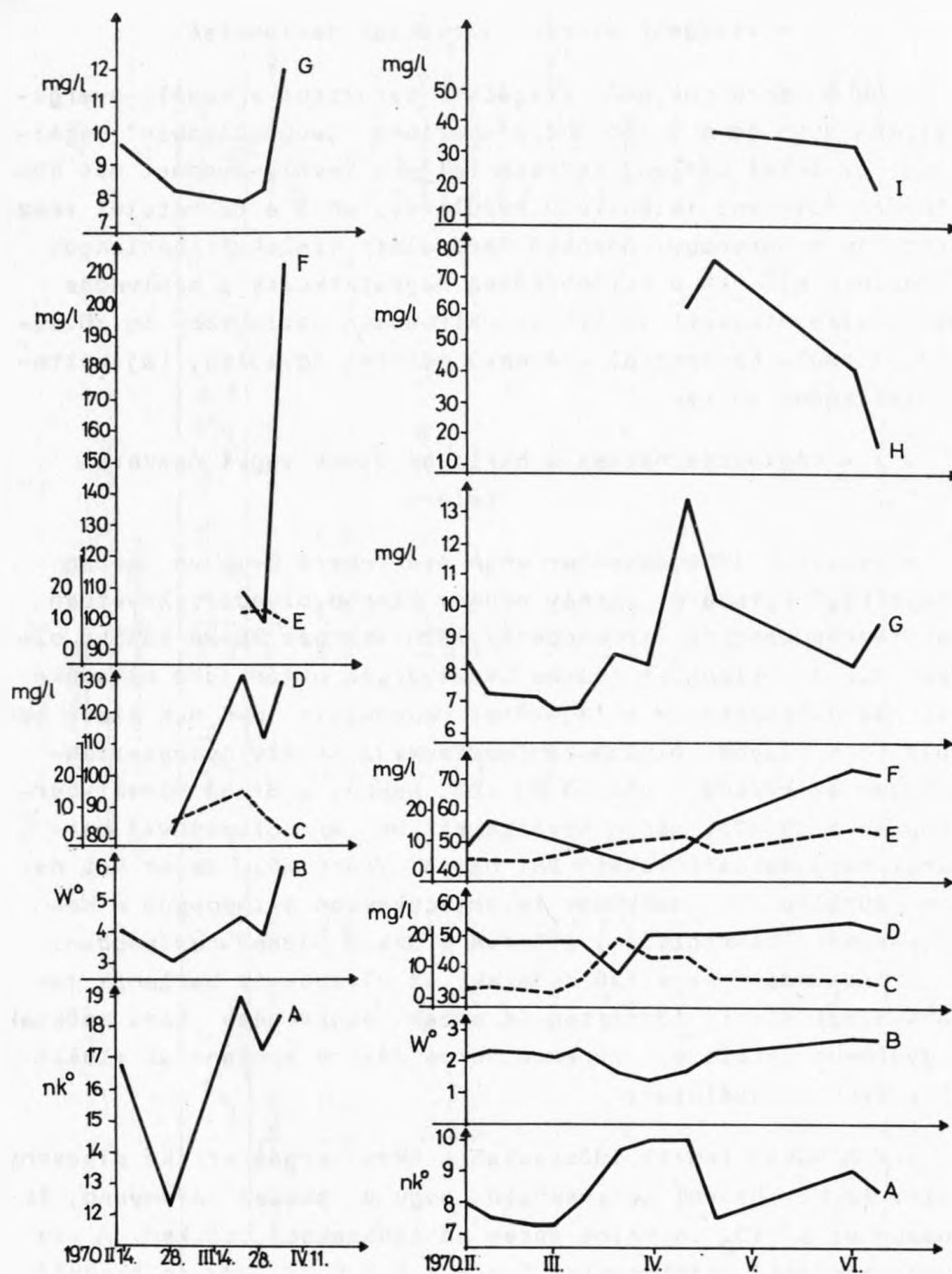
Több hónapra terjedő vizsgálati sorozatot a Kevély-nyergi-zsombolyban és a Szabó József-barlang "Csobogólyában" végeztünk. Ez a két barlang reprezentálja a Kevély-csoport két különböző földtani felépítésű területét, ahol a dachsteini mészkőben és a hárshegyi homokkő fedő alatt kialakult barlangok fordulnak elő. Ez a különбözőség megmutatkozik a hóolvadás alatt bekövetkezett vízkémiai változások jellegében is /5. ábra/. A többi barlangból származó mérések egyediek, tájékoztató jellegűek voltak.

a./ A hóolvadás hatása a barlangi vizek vegyi összetételére

A felszint 1969 december vége óta takaró 8-10 cm vastag összefüggő hótakaró, /amely néhány kisebb olvadást követően már megroggyant és firnesedett/ 1970 február 22-24 között olvadt el. A barlangi tócsákba beszivárgás útján jutó olvadékvíz /alfa-karsztvíz/ a fedőkőzet repedésein 5-6 nap alatt került le a mélybe. A vízhozam maximuma a Kevély-nyergi-zsombolyban az olvadást követő 22.-23. napon, a Szabó József-barlangban a 29.-30. napon következett be. Az olvadékvíz barlangi megjelenését követő 28. napon /márc.28./ és az 50. napon /április 19./ csökkent le számottevően a csepegés a Kevély-nyergi-zsombolyban, illetve a Szabó József-barlangban.

A hóolvadást megelőző időszak, az olvadékvíz barlangi jelentkezése alatti időtartam és annak megszűnése utáni időszak figyelembe vételével érdemes három részre bontani az elemzési adatok vizsgálatát:

1./ A hóval fedett időszakban a beszivárgás értéke alacsony volt. Az 5. ábráról leolvasható, hogy az összes keménység, lúgosság és a SiO_2 tartalom ebben az időszakban csökken. A vízkeménység téli csökkenését Czáklik I. /4/ is hasonlóképpen regisztrálta a Vass-Imre-barlangban, így ez a megfigyelés általánosabb érvényűnek tűnik. Ezt a jelenséget Czáklik -



5. ábra - Abb. 5.

5. ábra: A Kevélynyergi-zsombolyban /ábra baloldala/ és a Szabó József-barlangban /ábra jobboldala/ mért vízkémiai adatok grafikonja. A görbék alapján jól követhető a hóolvadás barlangi vizekre gyakorolt hatása. /Részletesen lásd a szövegben/. A nyíl a hóolvadás kezdetét jelöli, A = összes keménység, B = szabad CO_2 , F = összes CO_2 , G = SiO_2 , H = SO_4^{--} , I = Cl^- .

Abb. 5: Graphische Darstellung der im Karstschacht des Kevély-Sattels /Linkseite der Abbildung/ und in der Szabó József-Höhle /Rechtseite der Abbildung/ gemessenen hydrochemischen Angaben. Aufgrund der Kurven lässt sich der Einfluss der Schneeschmelze auf die Höhlenwässer sehr gut verfolgen. /Siehe ausführlich im Text/. Der Pfeil zeigt den Beginn der Schneeschmelze.

A = Gesamthärte, B = Alkalinität, C = Mg^{++} ,
D = Ca^{++} , E = freies CO_2 , F = CO_2 insgesamt,
G = SiO_2 , H = SO_4^{--} , I = Cl^- .

lik az átfagyott talajban élő mikroorganizmusok lecsökkent életműködésével, s ezzel együtt a vízbe jutó széndioxid kisebb mennyiségével magyarázza. E mellett a téli időszakban összegyűlt víz jelentősebb utánpótlást nem kap, ebben az időszakban karbonát keménységük is csökkenő tendenciájú. Cz á j - l i k I. /5/ szerint, ha az állóvíz karbonát keménysége barlangi körülmények között az 5 nk° -ot meghaladja és kristályosodási mag is jelen van, akkor lehetőség van CaCO_3 kiválására. A fentieknek megfelelően a téli időszakban a Kevély-nyergi-zsomboly tócsáiban csökkenő intenzitású CaCO_3 kiválás történt, míg a Szabó József-barlang Csobogójában valószínűleg egyensúlyi helyzet volt. A karbonát keménység értéke ugyanis $0,9\text{--}1,6 \text{ nk}^{\circ}$ -kal haladta meg az elméleti 5 nk° -ot, amely érték fölött karbonátkiválás, alatta oldás van. Cz á j l i k kísérletei szerint 8 nk° -nál kisebb keménységű vizeknél kiválás nem tapasztalható

2./ A hóolvadás során viszonylag gyorsan nagymennyiségű alfa-karsztvíz került a vizsgált barlangokba. Ennek következtében mindkét barlang vizében jelentősen megnőtt az összes keménység értéke. A többi összetevőkben viszont már éles különbség jelentkezett a két barlang között, a fedőkőzet eltérő volta miatt.

A Kevély-nyergi-zsombolyban az összes keménységgel párhuzamosan nőtt a lugosság és a karbonát-keménység értéke, valamint a Ca- és Mg-ion mennyisége is. A Szabó József-barlangban az összes keménység növekedésével megnőtt a Mg-ion tartalom, és kismértékben a szabad széndioxid mennyisége. Csökkent viszont a víz lugossága, karbonát-keménysége, Ca-ion és összes CO_2 tartalma.

Feltűnő mindkét barlang esetében a vizsgált vizek SiO_2 tartalmának jelentős emelkedése, majd az olvadékvíz beszívargásának megszűnése után következő csökkenése. Hasonló jelenség figyelhető meg a szulfát tartalomnál is, bár itt az adatok hiányosak. A hóolvadás okozta beszívargás során a vizek összetételében történő változásokat a következőkkel értelmezhetjük:

Hóolvadáskor a hideg /7-8 °C-os/ lágyviz, aránylag rövid idő alatt jut be a barlangba. Mint a betonkorróziós vizsgálatokból ismert, a lágyviznek minősülő hóolvadék nagy oldóképességgel rendelkezik /B i d l ó G. /3/. Így a barlangba jutó víz oldottanyag tartalma dúsul, összes keménysége növekszik.

A Kevély-nyergi-zsombolynál a víz vastag és tiszta mészkőrétegen szivárgott át, ezért érthető, hogy a Ca- és Mg-ion tartalma, lugossága és karbonát keménysége egyaránt megnövekedett. A Szabó József-barlangban a hárshegyi homokkő repedéseiben leszivárgó hóolvadék összes keménysége csak 2 nk^o-kal, míg a Kevély-nyergi-zsombolyban 7 nk^o-kal növekedett meg. Az olvadás ideje alatt a szabad széndioxid mennyisége alig növekedett meg, mivel a talajban élő mikroorganizmusok működése még alacsony szintű volt. A fedő kőzet csaknem CaCO₃ mentes volta miatt az olvadás kezdetén az olvadékvíz lényeges oldott anyag dúsulás nélkül jutott a barlangi tócsába és annak vizét felhigította. Ezért annak vizében erősen lecsökkent a Ca-ion és az összes széndioxid tartalom, továbbá a lugosság és a karbonát-keménység értéke. Az olvadékvíz további része, amely már lassabban szivárgott le a márgás, majd mészköves rétegeken át, szintén lejutott a Csobogóba és az addig csökkenő alkotórészek mennyiségét megnövelte. A Szabó József-barlangban a hóolvadás kezdeti szakaszában szokatlanul megnőtt a vizek Mg-ion mennyisége, amely később az olvadás végén lecsökkent. Ugyancsak szokatlanul magas volt a hóolvadás alatt a szulfát-ion értéke /70-80 mg/l/, majd annak jelentős csökkenését figyeltük meg az olvadékvíz levonulása után. A SO₄-ion tartalom ilyen formában való jelentkezését valószínűleg a légköri szennyeződésnek kell tulajdonítani. A Kevély-csoport Magyarország központi iparvidékén helyezkedik el. Budapest, a váci DCM, a Dorog-Tokod környéki bányavidék mind igen jelentős mennyiségű szennyeződést juttathat a légkörbe a téli periódus alatt. Valószínűnek látszik, hogy a kéthónapos hóréteg a szennyeződéseket abszorbeálta és az akkumulálódott anyagok az olvadáskor egyszerre jutottak le a barlangba. E folyamatnak kell tulajdoni-

tani a Mg-ion tartalom mennyiségének a hóolvadás első hullámban történő növekedését, mivel ezeknek az alkotóknak átlagon felüli mennyiségét a közettani felépítés nem indokolja.

Budapest környékén a légköri szulfát-ion tartalom jelenlétét a nyáreleji záporok és csendes esőzések idején is észlelni lehetett. 1970 áprilisában Albertfalván /Budapest, XI./ Csepel közelében a nyári zápor vizében is 80 mg/l értékű szulfát-ion tartalmat mértünk. 1970 április 19-én a Szemlőhegyi-barlang Ivó-tavának /III.táblázat/, valamint a Föld szivete-rem csepegő vizének szulfát-ion tartalma 60 és 75 mg/l volt, bár ezt a fedőközet nem indokolja /bryozoás márga/. Viszont a légköri szennyeződésektől mentes Baradlából M a u c h a R. /16/ hat mérési pont vizmintájában 17,3 - 9,5 mg/l SO_4 -ion koncentrációt mért 1929. őszén. G e b h a r d t A. /9/ a Mánfai Kőlyukbarlang /Mecsek-hg./ két vizmintájában 10,9-9,7 mg/l SO_3 koncentrációt talált. C s a j á g h y G. és V e n - k o v i t s I. /lásd J a s k ó S. /12/ vízkémiai adatokat közöltek két budai barlangról. 1947-ben a Pálvölgyi-barlang egyik csepegő vízmedencéjében 14,7 mg/l. 1948 áprilisában a Mátyáshegyi-barlang tavában 12-40 mg/l volt a szulfát-ion mennyisége. A közölt összehasonlító adatok tükrében barlangi vizeink normális átlagos szulfát-ion tartalma 10-20 mg/l, ezzel szemben a Kevély-csoport barlangjainak vizében 70-80 mg/l értékű szulfát-ion tartalmat találtunk. A Kevély-csoport barlangjaiban tehát jelentkezett a légköri szennyeződés hatása is, a sok más antropogén, - nagyrészt romboló - tényező mellett.

A két vizsgált barlang vizének SiO_2 -tartalma igen jellegzetesen megemelkedett az olvadékvíz hatására. A maximum a szivárgás befejező fázisában jelentkezett a Kevély-nyergizsombolyban, míg a Szabó József-barlangban ezt megelőzte egy kisebb maximum, amely egybeesik az olvadékvíz első barlangi megjelenésével. A SiO_2 oldhatósága közismerten a víz pH értékének növekedésével emelkedik. A Kevély-nyergizsombolyban a felszínről csak 8-9 mg/l SiO_2 -tartalmú víz jutott az olvadással. A vizsgált víz a maximumot adó 12 mg/l SiO_2 értékét

a barlangi tócsa növekvő karbonát keménységével párhuzamosan később vette föl. A pH növekedésével a víz újabb SiO_2 mennyiséget oldott ki a barlangi agyagból.

A Szabó József-barlang fedőjét alkotó hárshegyi homokkő sok helyen csaknem tisztán kvarchomokkő, így érthető, hogy a hóolvadás előfázisában is történt kisebb mértékű SiO_2 oldás. A második csúcs maximuma a Kevély-nyergi-zsombolyban megfigyelt folyamat eredménye.

3./ Az olvadékvíz utánpótlásának megszűntével mindkét barlang esetében egyöntetűen megállapítható, hogy a rövid ideig tartó /8-10 nap/ oldott anyag csökkenést követően a talajban élő mikroorganizmusok anyagcseréjének erőteljes megindulása megsokszorozta a talaj széndioxid tartalmát. Ezzel párhuzamosan megnőtt a barlangi vizek összes széndioxid tartalma, összes és karbonát keménysége és Ca-ion tartalma, egyértelműen csökkent a vizek SiO_2 , SO_4 és Cl-ion koncentrációja.

A fentiekben a Kevély-csoport két, földtani felépítésében különböző barlangjának agyagos kitöltésében keletkezett tócsa egyidejű vizsgálatával sikerült rögzíteni a hóolvadás hatását a barlangi vizek kémizmusára. A mérések eredményei a karszt-korrózió általános kémiai kérdéseire kiegészítő vizsgálatok nélkül nem adhatnák további felvilágosítást.

b./ A Kevély-nyergi-zsomboly vizeinek összehasonlító vizsgálata

A zsomboly két csepegőhelyének és három tócsájának összehasonlító vizsgálata alapján jelentős eltéréseket lehetett találni a vizek kémizmusában /I. táblázat/. Az összehasonlításra legalkalmasabb nap 1970. április 5-e volt, amikor mind-egyik pontról történt mintavétel. A Magazin csepegő vize a zsomboly bejáratí aknáján és a felszinközeli kőzetrepedéseken átszivárgó csapadékvizből származik. Összes keménysége $15,1 \text{ nk}^0$ volt, szabad széndioxidot alig tartalmazott. A Nagyterem csepegése a vastag dachsteini mészkő repedésein leszivárgó

vizből táplálkozik, összes keménysége $8,4 \text{ nk}^{\circ}$ volt. Mindkét csepegőhely vizéből hiányzik a magnézium-ion tartalom, a tócsák vizében viszont találtunk magnézium tartalmat. Az olvadék vizekkel szemben a tavaszi esőzések beszivárgó része $/10-12^{\circ}\text{C}$ -os vizek/ nem, vagy csak igen kis mennyiségben tartalmaz magnézium-iont, mint pl. a Kevély-nyergi-rókalyukban $/2,4 \text{ mg/l}/$ A tócsák magnézium-ion tartalma valószínűleg hóolvadás során jutott a barlangba, vagy a tómedencét alkotó agyagból oldódott ki.

Április 5.-én mindhárom tócsa vize igen kemény volt. A cseppkő és mésztufa medencékben összegyűlt víz összes keménysége a H-járónál és a Jubileumi-teremnél $26,8 \text{ nk}^{\circ}$ volt, míg az agyagban összegyűlt tócsánál a Nagy-teremben ez az érték $18,4 \text{ nk}^{\circ}$ volt. Az előbbieken az oldott anyag mennyisége minden mérés esetében magasabb volt, mint az utóbbinál. Ez a különbség a múltban is előfordulhatott, mert a cseppkő és mésztufaképződés is ezeken a pontokon jött létre, vagyis régebben is itt jutott be keményebb víz a barlangba. A szabad széndioxid tartalom mindhárom medencében azonos volt, tehát nem a cseppkő-medencék oldásából származik a vizek keménysége. A különbségeket így a felszíni talajrétegek eltérő széndioxid koncentrációjában, a bezáró közet repedezettségének különbségében és a barlangjáratok eltérő méretében és szellőzőtségében kell keresni.

A Nagy-terem tócsájának összetételéhez nagyon hasonlít az Arany-lyuk cseppkőképző vize.

c./ A kisebb barlangok vizeinek kémiai elemzése

A Csúcshegyi és az Oszolyi-barlangokból a hóolvadást követően március 3.-án vettünk mintákat. A Csúcshegyi-barlang csepegő vize keményebb, mint az ebből táplálkozó tócsáé, amelyben mészkiválás figyelhető meg $/\text{III. táblázat}/$.

A Pénzes- és Denevéres-barlang csepegő vizének összetétele gyakorlatilag azonos. Eltérés a magnézium-ion tartalom mennyiségében van, mert a Denevéres-barlang csepegő vizeiben ezt az összetevőt nem lehetett kimutatni.

A Kevélynyereg és Nagykevély barlangjainak vizsgálata ápr-

rilis 5.-én történt. A Kevélynyergyi rókalyuk csepegő vize és a Zöld-barlang tócsája közel azonos összetételűnek mutatkozott. A Zöld-barlangban a víz nagy felületen érintkezik a felszíni levegővel és mivel a tócsa a széndioxidban gazdag humuszos talaj mélyedésében van, így magasabb a vízben a hidrogénkarbonát mennyisége.

A dolomitban képződött Szódás-barlang vizének összes keménysége azonos a dachsteini mészkőből származókéval. Ennek megfelelően a víz magnézium-ion tartalma tízszerese, míg kalcium-ion tartalma fele a többi barlangi vízben mért értéknek.

A vizsgált vizek morfogenetikai hatása

A Kevély-nyergyi-zsombolyban a vizsgált vizek barlangmorfológiai és üledékföldtani hatásukat tekintve három csoportra oszthatók:

1. bejárati akna korróziós vizei
2. cseppkőképző vizek
3. a vizek hatása a barlangi agyagra

1. A zsomboly 10 méteres bejárati aknájának falán végigcsurgó víz agresszív, az eredeti gömbüsts falat erősen átalakította. A lecsorgó víznek nemcsak oldó, hanem gyér cseppkőképző hatása is megfigyelhető. A kürtő állandó nedvessége lehetőséget ad a bejárati szakasz közeteinek téli fagyhatásra történő aprózódásához. E szakaszban tehát elsősorban kifagyásos aprózódás, másodsorban oldásos korrózió tapasztalható, ha a lepusztulás mértékét vizsgáljuk. A kürtő alján a behullott kőzet és szerves törmelék a lejutó víznek további széndioxid dúsulási lehetőséget ad, így a Kerepesi-ágba lejutó vizek szintén erősen agresszívek. A hóolvadással a barlangba jutott szerves anyag széndioxid dúsító hatását a Létrástetői-viznyelő-barlangban is ki lehetett mutatni / Szabó L. /20/. Ez a tényező jelentős szerepet kap a Sárvár - Műl - ler féle zsombolygenetikai elméletben is /Sárvár I. /17/.

2. A mészkőrételen átszivárgott vizek bizonyos pontokon - a már ismerttetett okok miatt - erősen cseppkőképző hatásúak, pl. a H-járóban és a Jubileumi-teremben.

3. Az előző pont alatt említett helyeken kivéve a barlang nagy részében a cseppkőképződés igen gyér. Ennek valószínű oka az, hogy a vízutánpótlás gyakran hosszú ideig erősen lecsökken, ennek következtében a cseppkövek kiszáradnak. Ez a körülmény viszont a vastag barlangi agyag leülepedésére is hatással volt. Mint a hóolvadás egyes fázisainak elemzésénél ki-tűnt, a mész lerakódás - oldás folyamata periódikusan változott a barlangban. A lejutó vizek jellegének változása egy-részt igen plasztikus, másrészt mészben gazdag agyag lerakó-dáshoz vezetett. Az agyagásványosodást a tócsákban történő SiO_2 mobilizáció is elősegítheti. A diagenézis pontosabb meg-ismeréséhez kiegészítő üledékföldtani vizsgálatokra lenne szükség.

A Szabó József-barlangban a sajátos földtani felépítés kö-vetkeztében a hóolvadáskor az esővizek nagy agresszivitással érkeznek a barlangba, ahol a mészkőfalon végigcsurogva, vagy arra függőlegesen hullva létrehozták az ún. "oldáscsőveket". E jellegzetes képződmények 10-50 cm átmérőjű, 1-12 m magas csövek, amelyek hosszukban nem záródnak teljesen. Hasonlita-nak a függőlegesen állított, hosszában felhasított kályhacső-vekre. Ezek a képződmények a Szabó József-barlangban kisebb méretűek /1-4 m hosszú/, míg az Ezüsthgyi III.sz. /Papp Fe-renc/-barlangban 8-12 m. hosszú oldáscsővek képződésének le-hetünk tanúi. Az oldáscsőveket tulajdonképpen a barlangi ka-nellurák sajátos, méreteiben tulfejllett típusának lehet te-kinteni. B a l á z s D. /1, 2/ szerint a Mammoth-Onyx-bar-lang hatalmas vak kürtői is egy homokkő fedő alatt kialakult felszín alatti karsztkorrózió eredményei. Míg ezen a terüle-ten a homokkő dolinasodása mellett lapos barlangok alakultak ki, melyek továbbfejlődésével zsomboly keletkezett, addig a Szabó József-barlang esetében a homokkő alatt adva volt egy hévizes eredetű barlang, amelynek másodlagos átalakításában

-játszik szerepet az oldáscső-képződés. E képződményeket a viz-vizsgálatok elvégzéséig könnyen a hévíz feltörési pontjainak lehetett tartani.

A Kevély-csoport barlangjaiban regisztrált és hóolvadásból eredő beszivárgás tehát igen jelentős barlangalakító tényezőnek bizonyult. Nagyon valószínű, hogy a jelenlegi klimaviszonyok mellett a Magyar Középhegységben a karsztbarlangok fejlődésében döntő jelentősége van a hóolvadáskor beszivárgó víznek.

A barlangi vizek biológiai hatása

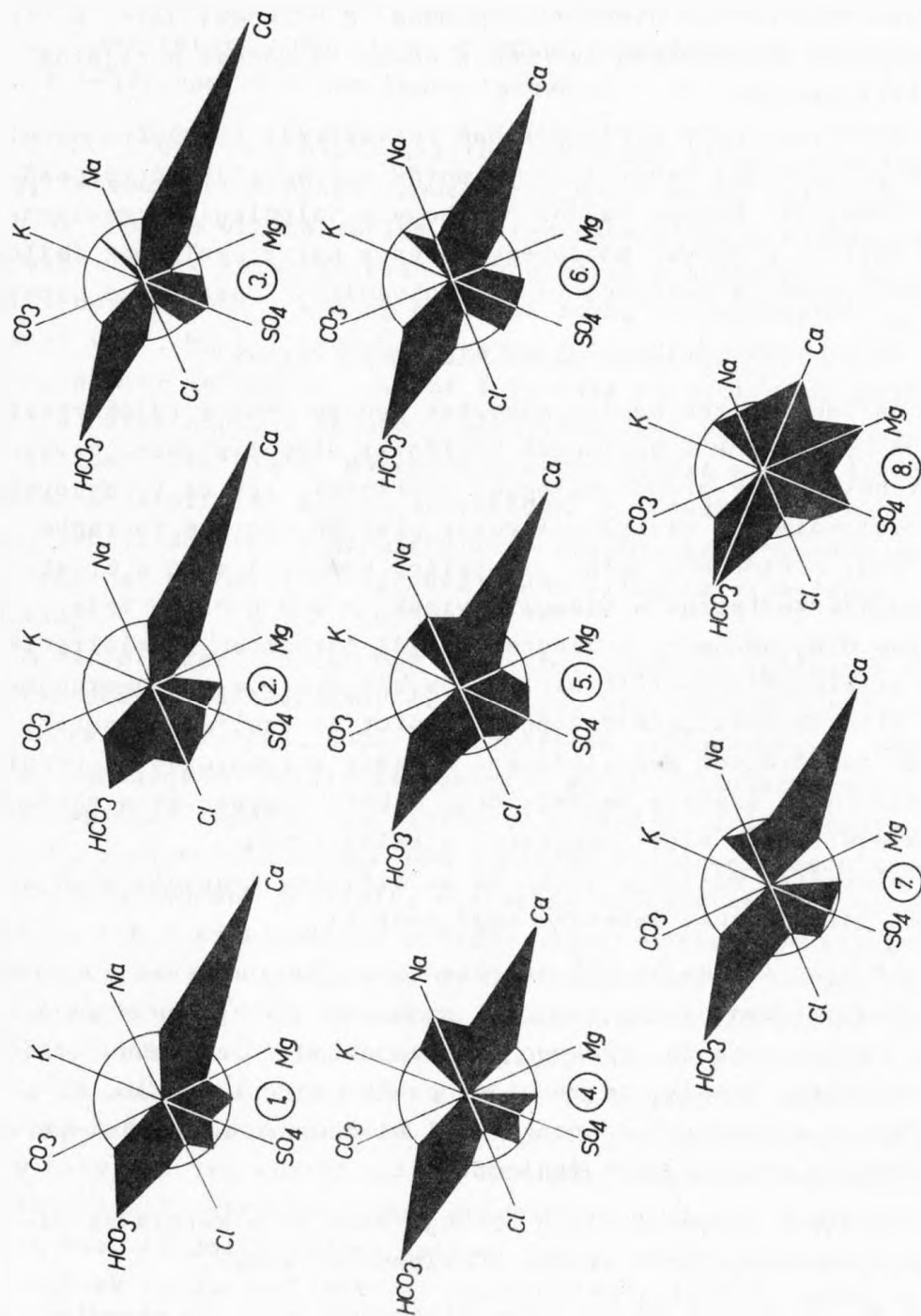
A barlangi vizek kémiai elemzése nyomán számos tájékoztató adatot nyerhetünk a barlangok biológiai vizsgálatához. Mivel ez utóbbiak csak próba jelleggel történtek, így az eredmények összekapcsolása e vizsgálatssorozat alapján még nem történt meg. A hidrobiológiai viz-jelleg bemutatásához a 6. ábrán megszerkesztettük a vizsgált vizek M a u c h a - féle csillag diagrammait. A diagrammok jól láthatóan szemléltetik, hogy az elemzésre került barlangi vizek kalcium-hidrokarbonátot, illetve kalcium-hidrogénkarbonátot és szulfátot tartalmaznak jelentősebb mennyiségben. A vizek a troglóxién és troglófil élőlények számára megfelelőek, emberi fogyasztásra szerves szennyezettségük miatt nagyrészt alkalmatlanok.

A vizsgált barlangi vizek és az élővilág kapcsolatában az alábbi jelenségeket lehetett megfigyelni:

1. A vizsgált barlangok esetében a vízben, szerves anyagban és széndioxidban gazdag bejárati szakaszoknak egyben igen gazdag a rovarvilága is. Ezekben a biotopokban főleg szunyogfélék, kétszárnyúak, lepkék, tegzesek és pókok fordulnak elő. Ez a jelenség a vizsgált barlangok közül elsősorban a Kevély-nyergi-zsomboly Magazinjában fejlődött ki.

2. A Szabó József-barlang Csobogójában és a Kerülő-ág állandó tócsájában ugróvillások /Collembola/ élnek.

3. Az Arany-lyuk II.sz. aknáját követő barlangszakaszban, valamint a Nagyteremből nyíló Oldalágban nincs állandóan állóviz vagy vízfolyás, ennek ellenére szintén nagymennyiségű ug-



6. ábra - Abb. 6.

6. ábra: A vizsgált vizek Maucha-féle csillagdiagramjai:

1 = Kevélynyergizsomboly H-járó, tócsa, 2 = Kevélynyergizsomboly Jubileumi-terem, tócsa, 3 = Kevélynyergizsomboly Nagyterem, tócsa, 4 = Kevélynyergizsomboly Magazin csepegésből, 5 = Szabó József-barlang, csobogó, 6. Aranylyuk, csepegőhely, 7 = Zöldbarlang, tócsa, 8 = Szódás-barlang, csepegés.

Abb. 6.: Maucha'sche Sterndiagramme der untersuchten Wässer:

1 = Karstschacht, Kevély-Sattel, H-Gang, Tümpel,
2 = Karstschacht, Kevély-Sattel, vom Tropfer am Magasin, 5 = Szabó József-Höhle, Csobogó, 6 = Aranylyuk, Tropfenstelle, 7 = Grüne Höhle, Tümpel, 8 = Szódás Höhle, Tropfenstelle.

róvillást gyűjtött ebben a barlangban F o r g á c s J e n ő formalinos csapdákkal.

Az eredmények összegezése

A Kevély-csoport két eltérő földtani felépítésű barlangjában félmikró térfogatossal elemzéssel sikerült kimutatni a hóolvadásnak a barlangi vizek kémizmusára kifejtett hatását.

A barlangi vizekből kimutatható volt a hófelszín légköri szennyeződéséből származó magnézium- és szulfát-ion tartalom.

A barlangok különböző szakaszaiból vett vízminták összehasonlítása alapján adatokat kaptunk a bejáratok szakaszok fejlődésének dinamizmusára vonatkozóan. A vizsgált barlangok belső részében a cseppkőképző és a sajátos üledékátalakulási folyamatok megértéséhez is közelebb jutottunk a vizek kémiai vizsgálata alapján.

A Szabó József-barlang földtani felépítéséből adódó oldás-csővek keletkezésének körülményeit is a vízkémiai vizsgálatok alapján lehetett tisztázni.

A barlangi vizek különböző típusainak meghatározása alapján a továbbiakban mód nyílik a részletes biológiai és biocönológiai vizsgálatok elvégzésére.

Köszönetnyilvánítás

A dolgozat alapját képező vizsgálatokat és az adatgyűjtést a Szpeleológiai-barlangkutató csoport tagjai: D u n a i S á n d o r, F o r g á c s J e n ő, N a g y L á s z l ó, S t u r m L á s z l ó, W e h o v s z k y E r z s é b e t, és W e l k e r P é t e r végezték a szerző irányításával. Áldozatkész munkájukért ezen a helyen is köszönetet mondok.

IRODALOM

1. BALÁZS DÉNES /1965/: A karsztkorrózió általános kémiai vonatkozásai = Karszt- és Barlang 1965. II. p. 51-60. Bp.
2. BALÁZS DÉNES /1970/: Zsombolyok a Central Kentucky karszton = Karszt és Barlang 1970. I.p.21-24. Bp.
3. BIDLÓ GÁBOR /1961/: A geológiai adottságok szerepe a beton-korrózióban = Emlékfüzet ÉKME Ásvány- és Földtani Tan-
széke. p. 13-27. Bp.-Jósvafő.
4. CZÁJLIK I. - FEJÉRDY I. /1959/: Cseppkövekről csepegő vi-
zek vizsgálata a Vass Imre-barlangban = Karszt- és Bar-
langkutató. I. k. p. 97-192. Bp.
5. CZÁJLIK ISTVÁN /1961/: A Vass Imre-barlang részletes hidro-
lógiai vizsgálatának újabb eredményei = Karszt- és Bar-
langkutató. III. k. P. 3-19. Bp.
6. DONÁSZI ERNŐ /1955/: Helyszíni vizvizsgálat. Mezőgazdasági,
Kiadó. Bp.
7. DUDICH ENDRE /1959/: A barlangbiológia és problémái = M.T.A.
Biol. csop. közl. III.k. 3-4.-f. p, 328. Bp.
8. GÁNTI TIBOR:/1957/: A naszályi karszt = Hidr. Közl. 37.
k. 4. sz. p. 380-384. Bp.
9. GEBHARDT ANTAL /1933/: A Mánfai-barlang fiziográfiája = Bar-
langvilág III. k. 1. f. p. 1-13. Bp.
10. HAAS JÁNOS /1966/: A kevélynyergyi Természetbarát Zsomboly
2 Képesítő szakdolgozata a Szabó József Geológiai Techni-
kumban. Kézirat. Bp.
11. HOLLY FERENC /1956/: Maucha Rezső helyszíni kémiai vizvizs-
gáló módszereinek alkalmazása a speleológiában = M.H.T.
Karszthidr. - és Barlangkut. Biz. kiadványa. Bp.
12. JASKÓ SÁNDOR /1948/: A Mátyás-hegyi-barlang = MAFI. Évi
Jel. B. Beszámoló a vitaülésekről. p. 130-155. Bp.

13. KORDOS LÁSZLÓ /1970/: Az ezüsthégyi, Ezüstnyereg, Nagy-Kevély, Kevélynyereg, Kis-kevény, Csúcshegy, Oszoly vonulat barlangjainak katasztere /Kevély csoport/ = Szpeleológia bkut. csop. 1970. évi jelentésének melléklete. Kézirat. Bp.
14. KORDOS LÁSZLÓ /1972/: Barlangtani vizsgálatok a Kevély-csoport barlangjaiban = Studium III. /Acta. IUV.Univ. Debr. de Ludovico Kossuth Nom./ p. 95-108. Debrecen.
15. MAUCHA REZSŐ /1930/a/: Winkler Lajos vizvizsgáló módszereinek alkalmazása a limnológiában Bp.
16. MAUCHA REZSŐ /1930/b/: Az Aggteleki-cseppkőbarlang vizeinek kémiai vizsgálat = Hidr. Közl. IX. k. p. 201-207. Bp.
17. SÁRVÁRY ISTVÁN /1970/: A zombolygenetika kérdéseiről = Karszt- és Barlang 1970 I. p. 5-14. Bp.
18. SZABLYÁR PÉTER /1966/: Az ezüsthégyi Szabó József-barlang = Képesítő szakdolgozat a Szabó József Geológiai Technikumban. Kézirat. Bp.
19. SZABLYÁR PÉTER /1965/: Az ezüsthégyi Szabó József-barlang leírása = Karszt- és Barlangkut. Táj. 1965. 5-6. sz. p. 98-100. Bp.
20. SZABÓ LÁSZLÓ /1966/: Összefoglaló jelentés a felsőanizuszi mészkőréteg Lillafüred-Jávorkút közötti szakaszának karszthidrológiai kutatásáról = Kézirat. M.H.T. Borsodi. Csop. Karszt- és Karsztvizkut. Szakosztálya p. 1-43. Miskolc.
21. SZENTHE ISTVÁN /1969/: Karsztjelenségek és képződményeik fejlődéstörténete a Nagy-Kevély környékén = ELTE szakdolgozat. Kézirat. Bp.

HIDROCHEMISCHE UNTERSUCHUNGEN IN MANCHEN HÖHLEN DER KEVÉLY-GRUPPE

von

L. KORDOS

Zusammenfassung

In 9 von den ca. 50 Höhlen der Kevély-Gruppe /Pilis-Gebirge/ wurden hydrochemische Untersuchungen vorgenommen. Die untersuchten Proben wurden von 15 Punkten in der ersten Hälfte von 1970 entnommen. /Abb. 1, 2, 3, 4/.

Von den, mit der volumetrischen Halbmikro-Methode durchgeführten 8 Grundmessungen konnten 17 Angaben berechnet werden.

Der Karstschacht am Kevély-Sattel und die kleineren Höhlen sind in Dachsteinkalk, die Szabó József-Höhle und Aranylyuk-Höhle in Hárshgyer Sandstein /Quarzsandstein/ Deckgebirge, die Szódás-Höhle in Dolomit entstanden.

Mit dem Erscheinen der Schneeschmelzwassers in den Höhlen /Alfa-Karstwasser/ ist die Härte und der Gehalt an gelösten Salzen /Abb.5./ angestiegen. Das Maximum des SiO_2 -Gehaltes trat nicht beim Eintritt des Schmelzwassers, sondern erst später auf, so dass die Auflösung dieses Komponenten grösstenteils auf Kosten des Höhlenmaterials erfolgte. Die hohe Konzentration von Mg^{++} und SO_4^{--} ist durch den geologischen Bau nicht berechtigt, so dass diese Komponenten eher auf Absorption der Atmosphärischen Verunreinigung der Schneeoberfläche zurückzuführen sind.

Im Karstschacht am Kevély-Sattel wurden Proben gleichzeitig von mehreren Punkten entnommen. So ist das Wasser im Eingangsschacht aggressiv, an einigen Punkten der inneren Höhlenstrecke tropfsteinbildend, anderwo liess sich eine eigentümliche Umwandlung des Höhlentones, ihre Anreicherung mit Kalkspat und SiO_2 -Mobilisation beobachten.

In der Szabó József-Höhle werden im Kalkstein durch das, durch den hängenden Hárshgyer Sandstein in aggressivem Zustand

versickernde Wasser charakteristische, den Ofenröhren ähnliche Bildungen aufgelöst. Diese werden "Lösungsröhren" genannt.

Die Untersuchungen fürchten zur Schlussfolgerung, dass bei den gegenwärtig existierenden klimatischen Verhältnissen in Ungarn das Effekt der Schneeschmelze von entscheidender Bedeutung für die Entwicklung von Karsthöhlen ist.

Die Messungsangaben sind in Tabellen 1, 2, 3 angeführt. Die Messungen wurden durch die Mitglieder der Höhlenforscherguppe "Szpeleológia" im Rahmen der umfassenden katasterialen und speläologischen Untersuchung der Höhlen der Kevély-Gruppe durchgeführt.

HIDROKEMIAJ ESPLOROJ EN KELKAJ GROTOJ DE LA MONTGRUPO KEVÉLY

L. KORDOS

Resumo

Oni faris hidrokemiajn esplorojn en 9 grotoj el la 50 de la montgrupo Kevély /m-ro Pilis/, en 15 analizejo, en unua duono de 1970. /fig. 1.-2.-3.-4./

Sur baze de la per la metodo "duonmikro volumena" faritaj 8 analizoj estis kalkuleblaj 17 indikoj.

La gufro Kevély-nyergi kaj la malgrandaj grotoj en kalkpetro Dachstein, la groto Szabó József kaj la kaverno Arany sub sablopetro Hárshegy /kvarcosablopetro/, la groto Szódás en dolomito elformiĝis.

Je la alveno de la neĝodegelaĵo /karstakvo alfa/ kreskis la malmoleco kaj la solvata substancenhavo de la akvo. /fig. 5./ La maksimumo de la SiO_2 -enhavo ne aperis je la alveno de la neĝodegelaĵo sed poste, do ĝi estas elsolvita ĉefe el la grota argilo. La grandan koncentritecon de Mg^{++} kaj SO_4^{--} la geologiaj kondiĉoj ne motivas, di tiuj komponantoj originas per la absorbo de la atmosfera malpuraĵo.

En la gufro Kevély-nyergi oni analizis en kelkaj lokoj samtempe. La akvo en la enireja ŝakto estis solvokapabla,

en kelkaj karakterizaj lokoj de la interna grota parto gutŝtonon-faranta, aliloke la speciala sangiĝo de la argilo, la kresko de ĝia kalcioenhavo kaj la mobiliĝo de la SiO_2 estis observebla.

En la groto Szabó József la solvokapabla akvo, veninta tra la kovranta sablopetro Hárshegy, karakterizajn vertikalajn kamentuboformajn elformaĵojn, "solvotubojn" kavigas.

Sur baze de la observoj oni konstatis, ke morfogenetika en Hungarlando je la nuntempaj klimatoj kondiĉoj la influo de la neĝodegelo havas decidan gravecon por la evoluo de la karstaj grotoj.

La mezuritajn indikojn la 1.-2.-3.-aj tabeloj enhavas. La mezuradon faris la anoj de la grotesplora grupo Szpeleológia, en la kadro de ĉiorilata katastra kaj speleologia esploro pri la grotoj de la montogrupo Kevély.

ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, ПРОВЕДЕННЫЕ В НЕКОЛЬКИХ ПЕЩЕРАХ ГРУППЫ "КЕВЕЙ"

Л. КОРДОШ

РЕЗЮМЕ

Примерно из 50-ти пещер группы Кевей /горный массив Пилиш/ в 9-ти пещерах в первой половине 1970 года были проведены гидрохимические исследования, со взятием образцов с 15-ти различных мест /Рис. 1, 2, 3, 4/.

Из восьми основных измерений, проведенных полу-микрообъемным методом, можно было вычислить семнадцать данных.

На этой территории "понор" в седловине Кевей и пещеры меньших размеров образовались в дахштейнском известняке, в то время как пещера имени Йожефа Сабо и Араньйук - под крышей из харшхедьского песчаника /кварцевого песчаника/, а пещера

Содаш - в доломите.

С появлением талых вод в пещерах /альфа-карстовая вода/ повысилась жесткость воды и содержание растворенного вещества /Рис. 5/. Максимальное содержание SiO_2 обнаруживалось не при спуске талых вод, а позже, так что выделение значительного количества SiO_2 происходило из глин пещеры. Высокая концентрация SO_4^{--} не объясняется геологической структурой, а появляется в результате абсорбирования этого компонента поверхностью снега из загрязненной воздушной среды.

В "поноре" седловины Кевей одновременное взятие образца было проведено с нескольких мест. Так во входной шахте наблюдалась агрессивность воды, в некоторых характерных точках внутреннего участка пещеры вода отличалась способностью образования сталактитов; в других местах наблюдалось своеобразное преобразование глины пещеры, обогащение ее кальцием, а также мобилизация SiO_2 .

В пещере им. Йожефа Сабо вода, агрессивно поступающая через покрытие из харшхедьского песчаника, производит вымывание в известняке так называемых "труб растворения", представляющих собой характерные образования, подобные вертикальным печным трубам.

На основании проведенных исследований можно было установить, что с точки зрения пещерной морфогенетики в Венгрии наряду с современными климатическими условиями, таяние снегов оказывает решающее влияние на развитие карстовых пещер.

Данные измерений приводятся в таблицах I, 2, 3. Измерения проводились членами группы "Спелеология" в рамках широкого кадастрового и спелеологического исследования пещер группы Кевей.

KARST STUDIES IN THE ISLE OF NEW-BRITAIN

by
D. BALÁZS

New-Britain is the greatest isle of Bismarck-archipelago situated east of the isle of New-Guinea /Fig.1./. It is a crescent-shaped isle with a length of 490 km, with a breadth of 60-80 km, covering a total area of 36 519 km². The whole island is covered by almost impassable mountains with tropical jungle vegetation. The highest peak is an active volcano, Mt. Ulawun /The Father, 2305 m/.

According to the census of 1970, the native population of the island is 153 715 souls. Most of them speak Austronesian /or Melanesian/ languages. Their largest tribe is the Tolais, living on the Gazelle-peninsula. There are minor fragments of Papuan /non-Austronesian/ people living in the inside of the island.

Before 1914 - under the name Neu Pommern - the island was a part of the colony German New-Guinea, later on it was under the protectorate of the Australian Government. Since December 1947 the island has been a part of the independent Papua New-Guinea. The most important city of the island is Rabaul.

Geological history

New-Britain - similarly to its environment - is a geologically young formation.

The birth of the island dates back to the volcanic activity which was the result of the impact in the contact zone between the Australasian massif and the Pacific basement masses. The

Eocene volcanic agglomerate was folded and jointed, then in the Late Oligocene it was covered by volcanic materials of different thickness. In the Miocene coral reef formations of some hundred metres of thickness developed around the islands

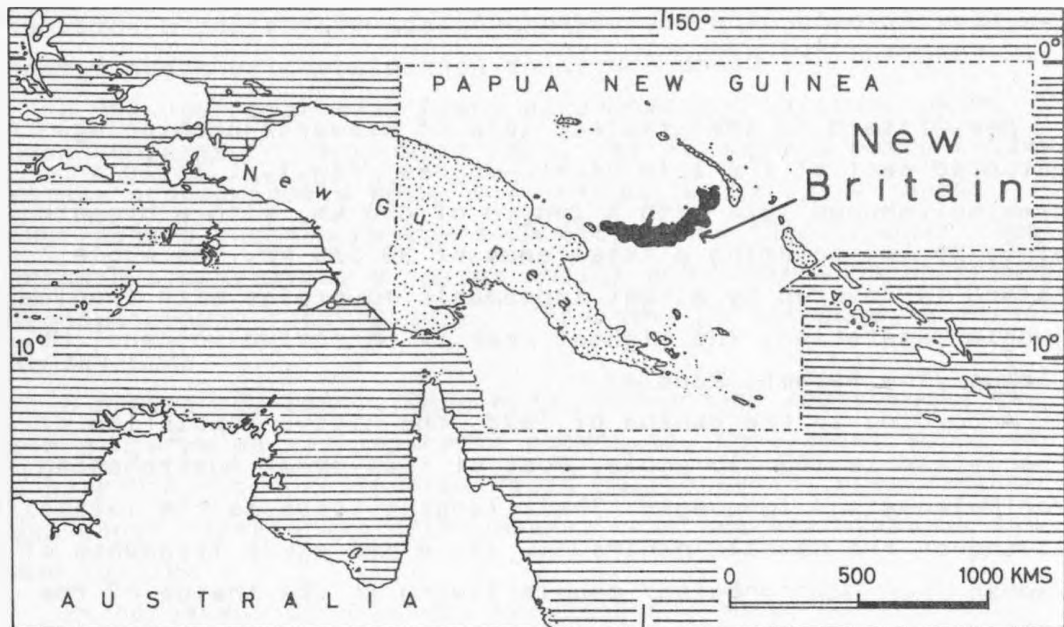


Fig. 1. The geographical location of New Britain Island.

1. ábra: Új-Britannia /New-Britain/ szigetének földrajzi elhelyezkedése.

and emerged above the sea level during the Late Pliocene. These major karst regions of New-Britain developed as a result of the block faults and local emergence of these bioclastic limestone layers.

The vertical movement of the island is still going on. Recent vertical movements can be observed mainly in the southern coastal zone of the island, where large masses of Pliocene marine sediments, predominantly coral-limestones have emerged and been affected by karstification. On the northern shores no manifestation of emergence can be detected.

Since the Pleistocene New-Britain has been the scenery of active volcanism. In the Nakanai Mountains the Miocene limestone is covered by Quaternary volcanic materials /Fig.2/. The latest eruption of the volcanoes of Matupi and Vulcan Islands near Rabaul took place on May 28, 1937. The eruption caused hard damages and cost many lives.

Karst regions of New-Britain

One third of the surface of the island, according to my calculations 12 100 km², is covered by calcareous rocks. An area of 11 000 km² is composed of bioclastic limestones accumulated from the Early Miocene up to the Pliocene. According to R. J. R y b u r n /1970/ these beds are of 300-1500 m thickness. On the S-SE coasts Quaternary coral platforms, raised 50-100 m a.s.l., cover an area of 1 100 km², where young karstic landforms can be observed.

Three separated karst regions have developed on the Miocene limestone: Whiteman Range, Nakanai Mountains, and Raulei Range. Further, scattered outcrops of Miocene limestone also can be found on the island /Fig. 3/.

1. Whiteman Range is the greatest continuous karst region of New-Britain. It ranges over about 5300 km², its east-westward length is 135 km, north-southward width is 50-60 km /da-

A-A' Section

MT. ULAWUN
(THE FATHER)

2305 ms

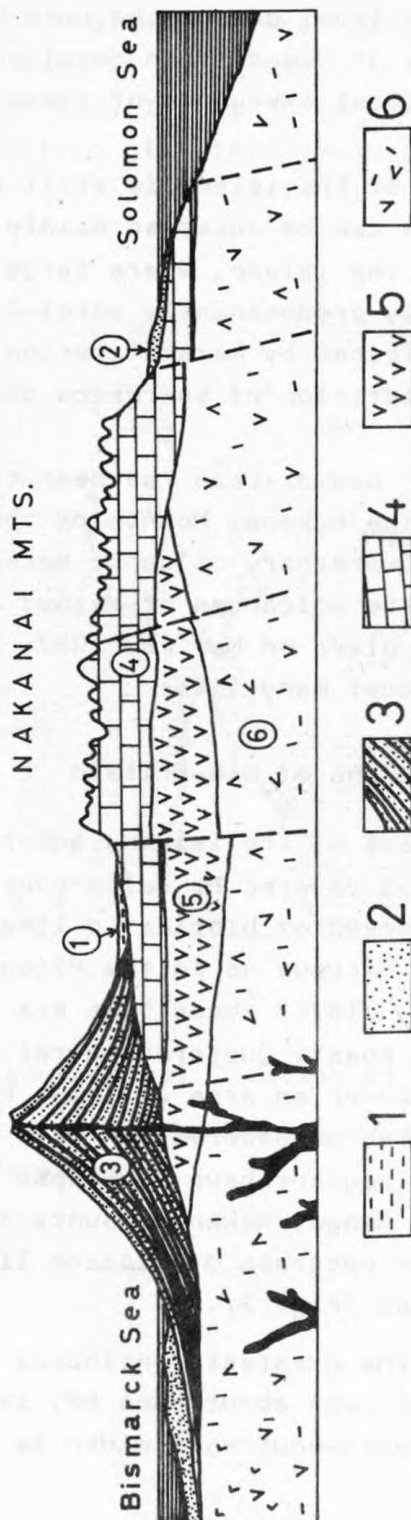


Fig. 2. Geological section of New Britain Island through the Nakanai Mountains in NW-SE direction. 1 = Alluvium, 2 = Raised coral reefs, beach deposits / Quaternary/, 3 = Quaternary volcanics /lava, tuff/, 4 = Coraline and bioclastic limestone /Middle Miocene to Pliocene/, 5 = volcanics /Oligocene to Lower Miocene/, 6 = Bazic lava and agglomerate /Eocene/.

2. ábra: Új-Britannia ÉNy-DK-i földtani szelvénye a Nakanai-karsztvidéken keresztül. 1 = allúvium, 2 = negyedkori felemelt korallmezők, parti üledékek, 3 = negyedkori vulkanikus kőzetek /láva és tufa/, 4 = korall és bioklasztikus mészkő /középső miocéntől pliocénig/, 5 = vulkanikus anyagok /oligocéntól alsó miocénig/, 6 = láva és agglomerátum /eocén/.

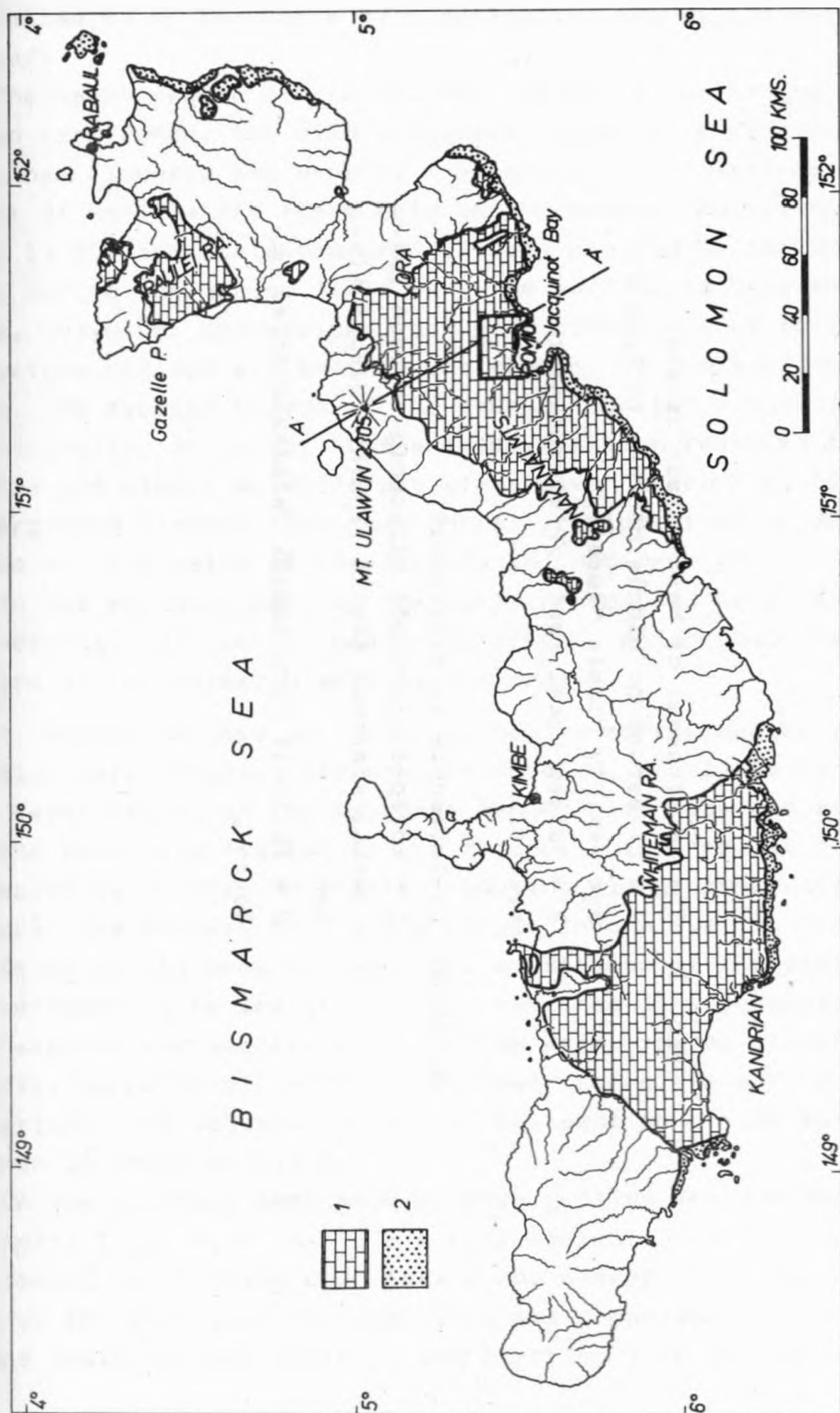


Fig. 3 - 3. abra

Fig. 3: The karst areas of New Britain Island.
 1 = Limestone of Middle Miocene to Pliocene
 age /mainly Middle Miocene/,
 2 = Raised coral reefs /Pleistocene to
 recent/.

3. ábra: Új-Britannia karsztvidékai.
 1 = középső miocénből pliocénig terjedő idő-
 szakból származó mészkő /főként középső mio-
 cén/,
 2 = felemelt korallmezők /pleisztocén és ho-
 locén/.

ta estimated on the basis of a geological map of 1:1,000,000 scale/.

The karst region of the Whiteman Range is one of the least known karstlands. The wild and almost impassable karstic surface has hindered the experts from getting in. Small settlements of natives are there only on the border. According to the: 1: 250 000-scale topographic maps plotted by the American Army during the Second World War, the surface is bestrewn by deep, polygonal depressions, cockpits. Thousands of corroded limestone pillars and hollows are covered by tropical vegetation. The average height of the area is 500-120 m a.s.l. Structurally, it is not homogeneous; faulting resulted in horsts and blocks of different size, woven through by big underground streams. The mean annual precipitation is 4500-5500 mm. The value of the run-off is 3000-4000 mm.

In the southern part of the karst region, in Kandrian, a sub-district office has been established, which could be the centre of the research work in the area.

2. Nakanai Mountains Jacquinot-Bay is surrounded by an extensive karst region. Its area is 4900 km², nearly as large as the karst region of the Whiteman Range. Lithology and structure of the karst are similar to the former. This area has been also affected by crustal movements producing large fractures and blocks. The highest horsts are almost 2000 m a.s.l., the mean altitude of the area is 1000-1200 m. Because of the vast number of corroded pinnacles and gullies the area is impassable. On the eastern and western sides of the karst region stately cliffs, hundreds of metres tall, tower above the surrounding relatively low volcanic hills. /Cross section of the karst region is shown on Fig.2/.

On the military maps several deep gullies are indicated. In April 1972 R. M. B o u r k e, a speleologist from Rabaul succeeded in climbing down into a 260 m-deep sinkhole. At the end of the same year an expedition was organized by the Queensland Speleological Society, and starting from the bottom of

the sinkhole they could trace an underground stream as far as 600 m.

3. The Raulei Range rises on the western part of the GAZELLE-PENINSULA, as a northern continuation of the Baining Mountains. Owing to the vicinity of Rabaul and areas of dense population, this karst region has been explored better than the others /B o u r k e 1971, 1972, R. P. M a c n a b 1970/.

The Raulei Range, together with an isolated block on the coasts of Ataliklikun-Bay encompasses about 800 km². On the eastern side it is bordered by a cliff of 750 m average height. Its highest point is 1830 m. The surface is impassable because of the irregularly shaped cockpits and the dense tropical vegetation.

Examining the intensity of karst development

In the course of my geographic study-tour of New-Guinea, in October 1972 I lived in Rabaul, and I had the opportunity to visit the surroundings of the Jacquinet-Bay, one of the three large karst regions.

The karst region of Nakanai Mountains is extremely humid, the annual precipitation is almost ten times larger than e.g. in the karst regions of Hungary. Spontaneously comes up the question: what is the trend of the intensity of limestone corrosion by these extreme precipitation values? The surrounding of Jacquinet-Bay is very suitable for examinations of this kind. Some medium yield karst streams enter the bay, which has a catchment area composed entirely of limestone, therefore no exogenic water coming from non-karst regions does disturb the results of calculations. Each stream collects and mingles the water of numerous springs.

A village, Pomio, is on the coast of Jacquinet-Bay and constitutes at the same time the centre of the sub-district. Since 1957 the co-workers of the subdistrict office have been keeping a register on the precipitation, and were so kind and gave me the free run of their data /Their kindness is since-

rely acknowledged/. The data registered in points /loo point = 1 inch = 2,54 cm/ have been converted into mm-s and compiled into Table 1.

Water samples were taken between 9 and 12 October. In the previous months - according to Table 1 - there was a bit more precipitate than the average of 15 years; on the contrary the year before, 1971, was an extremely dry one. Between 16 Sept and 11 Oct 1972 the precipitation was 480 mm at Pomio, and during the ten days before the sample-taking: 133 mm. Consequently, there was neither extraordinary downpour nor unusual aridity that might have unfavourably influenced the water discharge and the specific rata of dissolved carbonates.

Water samples were taken from karst springs and streams shown in Fig. 4. The samples were analysed at the site, but control-samples were tested in laboratory as well. The results are shown in Table 2.

The data of big karst streams fed on many karst springs are more correct, and in spite of transporting water of different regions, the concentration of the dissolved carbonate ions is similar to each other.

The modified C o r b e l formula was applied to the quantitative determination of limestone corrosion acting on the catchment areas of the three streams as a whole:

$$D_c = \frac{4 P.R.T}{100} ;$$

where D_c means corrosion-denudation, i.e. a certain annual quantity of dissolved limestone in cubic metres removed by transportation from 1 km² of the area. P shows the mean annual precipitation in dm-s, R means the run-off coefficient and T represents the dissolved CaCO₃ in mg/litre. The correctness of calculations is unfavourably influenced by the uncertainty of the factor R. There is no other, more exact, way of calculation, because the data referring to the extension of the drainage area and to the annual water discharge are not known.

Table 1.

Average monthly and annual rainfall
for Pomio, Jacquinot-Bay
/millimetres/

Months	Average of 15 years /1957-1971/	The wettest year: 1966	The driest year: 1971	Last monthly averages be- fore the in- vestigations /1972/
January	206	386	39	87
February	153	226	176	221
March	237	323	311	140
April	290	747	247	352
May	448	834	278	1 021
June	815	1 423	209	950
July	1 230	2 408	271	2 036
August	1 135	1 920	360	923
September	684	311	130	1 037
October	439	755	145	-
November	253	402	421	-
December	236	424	228	-
Annual:	6 126	10 159	2 815	-

Table 2

Investigation of karst waters in the Pomio area
/9 - 11. October, 1972/

No. of samples	Source of samples	Discharge	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	CaCO ₃
			mg/l	mg/l	hard- ness p.p.m. /mg/l/
<u>Spring waters</u>					
715	Pomio Creek, from the cave 200 mts NE of Pomio Sub- -District Office	100 l/min.	-	-	184
1011	Rekulkuliana Spring, Olaipun /surface water/	30 l/min.	-	-	61
708	Matali Bridge Spring, Pomio	3 m ³ /min.	66	59	412
709	Tu Spring between Galowe and Marmar villages	3 m ³ /sec.	56	35	282
713	Keke Spring, 1 km E of Pomio	5 m ³ /min.	-	-	184
<u>Rivers</u>					
706	Galowe Rive near Galowe village	20 m ³ /sec.	42	7,8	140
712	Matali River near Pomio Bridge	30 m ³ /sec.	41	7,4	142
707	Pisimu River near Sali village	2 m ³ /sec.	-	-	174

$$D_c = \frac{4.61,26 \cdot 0,6 \cdot 143,6}{100} = 211 \text{ m}^3/\text{year.km}^2$$

According to the results of the calculations, we can state, that, under the present-day climate, a 200 mm thick stratum of limestone is eroded from the karst region during a period of thousand years.

This is an extremely great value especially when compared to the data of other karst regions, as follows:

Karst regions in tropic zone	annual pre- cipitation mm	D_c mm/1000 year	Expert
Indonesia /average/	2 050	83	B a l á z s
Philippines /av/	2 700	71	B a l á z s
Oceania /av/	2 650	68	B a l á z s
Karst regions in temperate zone			
Hungary /av. of five perloinant karst regions/	730	20	B a l á z s
Poland /High Tatra ex- cluded/	800	27	M. P u l i n a
Slovenia /Ljublanica area/	1 500	60	I. G a m s
Middle Dinaric Karst Area /Neretva/	1 300	50	B a l á z s
Nullarbor Plain /Australia/	150	1	B a l á z s

The rivers rising from the Nakanai Mts. transport a great amount of dissolved limestone into the sea. The quantity of rolled material is not known, but regarding the considerable gradient of the streambeds, it probably approximates the rate of corrosion-denudation.

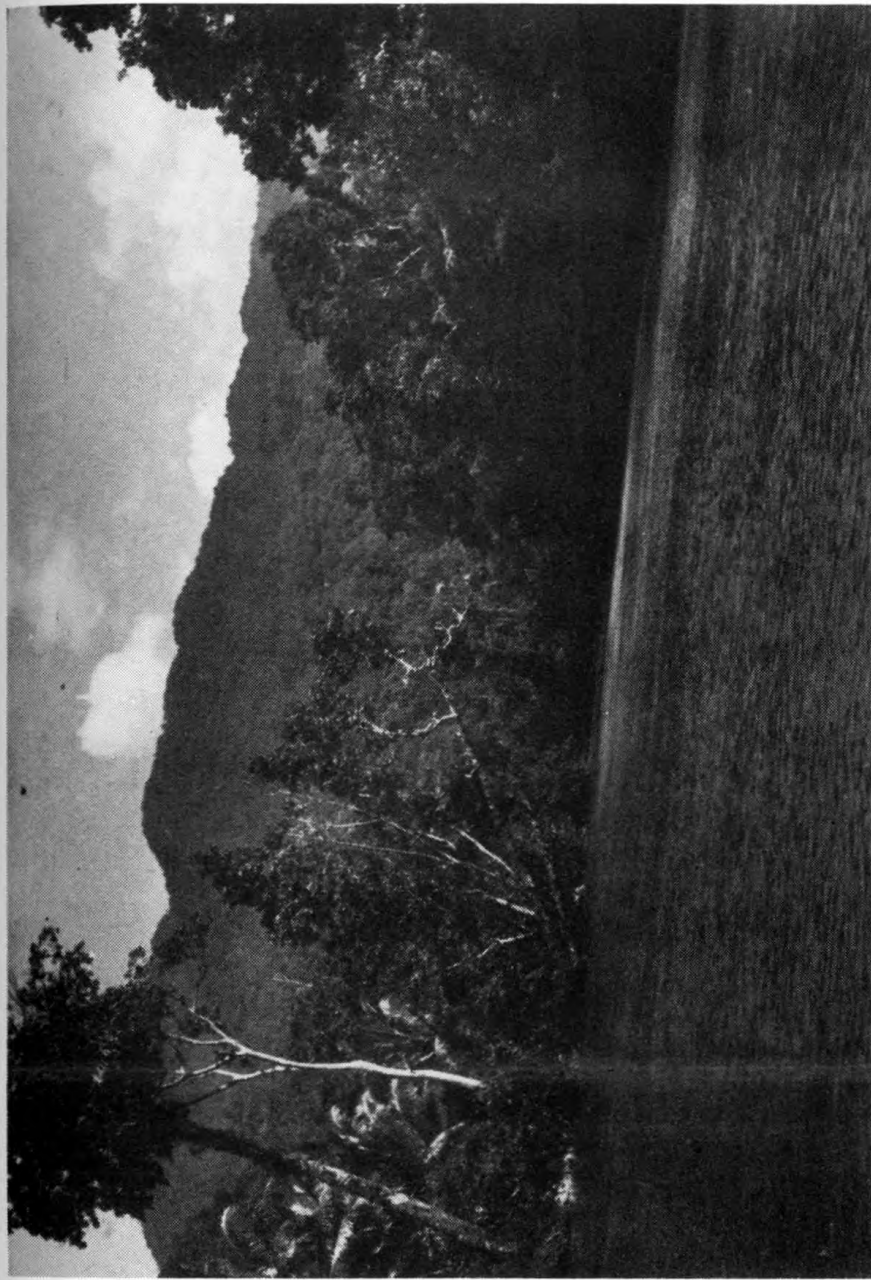


Fig. 4. View from the mouth of Galowe River (Jacquinot Bay) at the border of Nakanai karst area. (Photo: D. Balázs)

4. ábra. A Nakanai-karsztvidék déli pereme a Jacquinot-öböl felől, a Galowe-folyó torkolatából nézve. (Balázs D. felv.)



Fig. 5. Dense tropical rain forest, with trees rising to heights of 30–40 metres, hides the rough crevice karst forms (Olaipun area. — Photo: D. Balázs)

5. ábra. A szakadékos, sziklás karsztfelszín formáit teljesen eltakarja a 30–40 m magas trópusi őserdő (Olaipun vidéke — Balázs D. felv.)

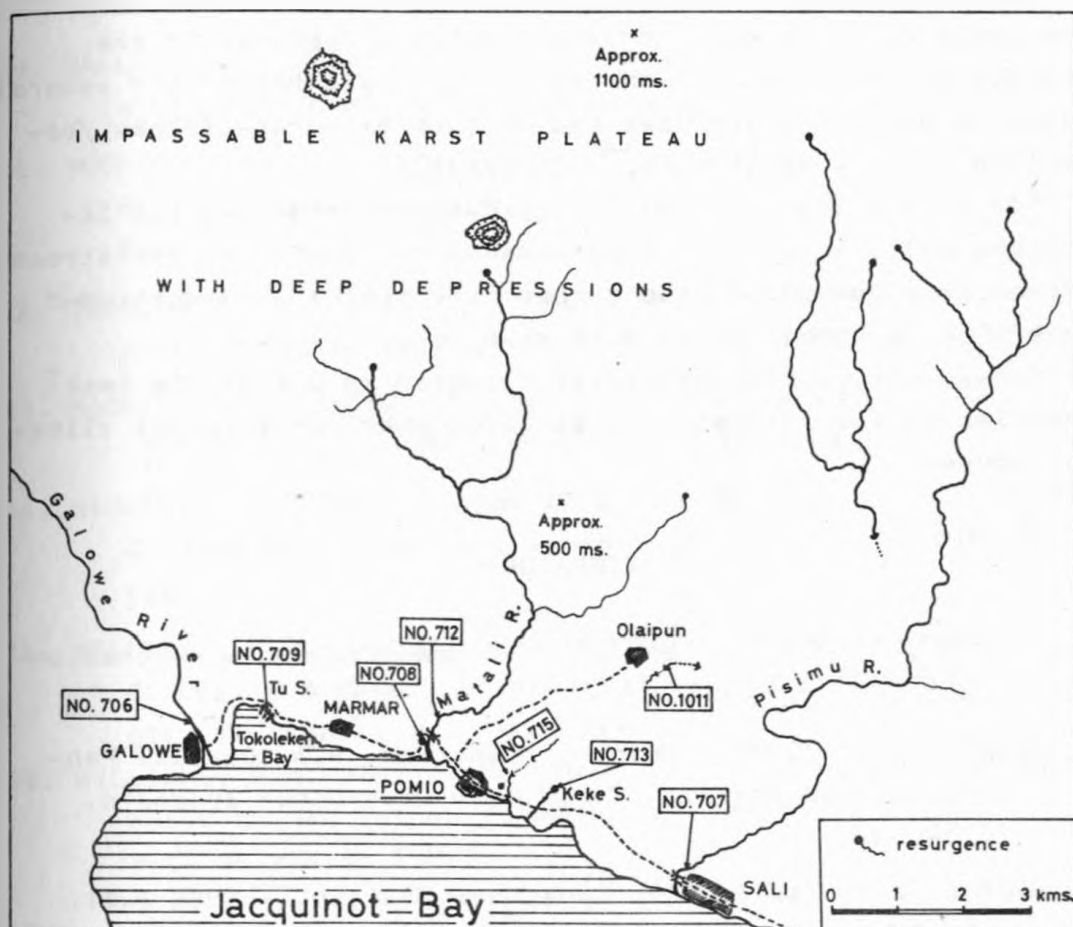


Fig. 6. The sources of watersamples analyzed by the author.

6. ábra: A szerző által megvizsgált karsztvízminták származási helyei.

As a result of the summarization of chemical and physical effects the total annual denudation of the area can be fixed at 300-500 m³/km² or 0,3-0,5 mm.

This extremely intensive denudation and the relatively fast emergence of the area produce outstanding features of the landscape. The 50 to 100 mm-deep gullies /cockpits/ and several steep-sloped pinnacles make the surface of karst-plateau /so-called crevice karst/ almost impassable.

Cockpits are surrounded by sharp-edged, steep-walled limestone-pillars, some of them ascends to 300-500 m. The streams often carve 300-900 m deep gorges; the tracks of underground rivers are accompanied by deep grooves.

Consequently, the Nakana-karst region is one of the best examples of the intensive karst development in tropical climatic zones.

LITERATURE

1. ANDREWS, J. /1957/: Landforms of New-Britain. = Australian Geog., 7. p. 15-26.
2. BOURKE, R.M. /1971/: Baining Mountains, N.W. Gazelle Peninsula, New Britain, T.P.N.G. = Down Under 10 /4/ p. 111-113.
3. BOURKE, R.M. /1972/: Ora Cave, New Britain. = SUSS Bull. 12 /3/ 29.
4. BOURKE, R.M. /1972/: Raulei Range, Baining Mountains, New Britain, T.P.N.G. = Down Under 11 p. 11-12.
5. BOURKE, R.M. /1973/: Caves of New Britain. = Niugini Caver, Vol. 1. No. 1.p. 13-18.
6. BOURKE, R. M. /1973/: The 1972-3 U.Q.S.S. New Britain Expedition. = Niugini Caver, Vol. 1. No. 2. p. 27-43.
7. CHAMPION, C.R. /1968/: Caving and Karst Areas in Papua and New Guinea. - In: Speleo Handbook, ed. P. Matthews. Australian Speleological Federation, Sydney.

8. Encyclopaedia of Papua and New Guinea. /1972/
Ed. by Peter Ryan. = Melbourne Univ. Press.
9. FISHER, N. H., NOAKES, L.C./1942/: Geological Reports on
New Britain. = Terr. New Guinea Geol. Bull. No.3.
10. GALLASCH, H. /1973/: Caving at Kandrian, West New Britain.
= Niugini Caver, Vol. 1. No. 3. p. 86-88.
11. HOSKING, J.S. /1967/: Limestone and Lime in the Territory
of Papua and New Guinea. = Csiro Div, Bld. Tech. Paper
21.
12. JENNINGS, J.N. BIK, M.J. /1962/: Karst morphology in
Australian New Guinea. = Nature, 194, 4833, p. 1036-1038.
13. MACNAB, R.P. /1970/: Geology of the Gazelle Peninsula,
T.P.N.G. = Bur. Min. Res. Record 1970/63.
14. RYBURN, R.J. /1970/: Notes to accompany Geological Crustal
Studies Map of New Britain and New Ireland. = Bur. Min.
Res.
15. WILLIAMS, P.W. /1969/: Cave and Karst Areas in East New
Guinea. = Abhandl. 5. Internat. Kongress für Speläologie,
Stuttgart. Nr. 1. München. M/31. p.13.
16. WILLIAMS, P.W. /1972/: Morphometric Analysis of Polygonal
Karst in New Guinea. = Geol.Soc. Amer. Bull. 83:
761-796 /March 1972/.

KARSZTTANULMÁNYOK UJ-BRITANNIA SZIGETÉN

BALÁZS D.

Összefoglalás

Uj-Britannia /New Britain/ az Uj-Guinea-szigettől keletre
elterülő Bismarck-archipelágus legnagyobb szigete /l.ábra/.
Alakja kiflihez hasonlít, hossza 490 km, szélessége 60-80 km,
területe 36 519 km². Az egész szigetet trópusi esőerdővel fedett

nehezen járható hegységek borítják. A sziget benszülött lakosságának száma 1970-ben 153 718 fő volt /melanéziaiak és pápuák/. A sziget korábban német gyarmat volt, majd az első világháború után ausztrál igazgatás alatt állott. Jelenleg a függetlenné vált Pápua Új-Guinea állam része. A sziget legfontosabb városa Rabaul.

Új-Britannia szigete geológiailag fiatal képződmény, megszületését az eocén vulkanizmustól számíthatjuk. A tengeri vulkanikus anyagokra főként a miocén közepén több száz méter vastagságban meszes üledékek /mindenekelőtt korallképződmények/ rakódtak le, majd ezek meggyűrődtek és a pliocén vége felé kiemelkedtek. A déli partvidéken egészen fiatal - pleisztocén és holocén - korallmezők is karsztosodnak keskeny sávban 50-100 m. tszf. magasságban.

A sziget területének kerekén egyharmada karsztvidék. Legnagyobb összefüggő karsztterület a sziget nyugati felén található /Whiteman-hegység karsztja, 5300 km²/. Ez a világ egyik legismeretlenebb karsztterülete, szárazföldi uton még nem sikerült ide behatolni. A terep annyira vad, sziklás és oly sűrű a trópusi esőerdő, hogy még helikopter számára sincs le szállási lehetőség.

Valamivel ismertebb már a keleti szigetrészen elhelyezkedő Nakanai-hegység karsztvidéke /4900 km²/. Ezt is főként középső miocénből származó korallmészkö építi fel. Átlagos tengerszint feletti magassága 1000-1500 m., amely meredek falakkal válik el a környező vulkanikus térszintektől. A karsztterület felépítését a 2. ábrán mutatom be. Új-Guineai tanulmányutam során ezt a karsztvidéket látogattam meg.

A Nakanai-karsztot rendkívül sok eső öntözi. A parton létesített csapadékmérő állomás adatai szerint az elmúlt 15 év átlaga 6126 mm, de volt olyan esztendő is, amikor a lehullott vízmennyiség magassága a 10 métert is meghaladta /1.táblázat/. Karsztmorfológiai szempontból tehát érdekes a kérdés: ilyen csapadékviszonyok mellett milyen mértékű a karsztos korrózió, s milyen formákat eredményez?

A vizsgálatok céljaira kitűnő lehetőséget nyújtott a Jacquinot-öböl környéke, ahová több karsztfolyó torkollik be. Bár vízgyűjtő területük határa nem ismert, bizonyos, hogy tisztán karsztvizet szállítanak, tehát megsokszorozott karsztforrásoknak tekinthetők. A karsztfolyók vizének keménységét 7,8 - 9,7 nk⁰-únak találtam, ami megfelel egy liter vízben feloldott 140 - 174 mg CaCO₃-nak /2. táblázat/. Ebből kiszámítható, hogy az ottani karsztvidékről egy év alatt mintegy 200 m³ mészkő szállítódik el oldott állapotban. Ez körülbelül tízezerese a magyarországi értéknek, de nagyobb, más trópusi területek adatainál is.

Uj-Britannia-sziget karsztjai tehát igen intenzíven pusztulnak, a hegységképződés mértéke azonban még ennél is gyorsabb folyamat. Az eredmény: rendkívül tagolt, mély szakadékokkal, sziklagerincekkel teli felszín és földalatti folyókból álló mélységi vízrendszer. Ezt a karszttypust az angol kutatók crevice karst névvel illetik, magyarul szakadékkarsztnak nevezhetnők. Ennek ellentéte a hazai éghajlati feltételek mellett kialakuló töbörkarszt.

KARSTSTUDIEN AUF NEU-BRITANIEN-INSEL

von

D. BALÁZS

Zusammenfassung

Neu-Britanien ist die Grösste Insel des Bismarck-Archipels. Ihre Gesamtfläche ist 36 519 km², die Zahl der eingeborenen Einwohner ist 153 718 /1970/.

Die Insel gehört dem unlängst unabhängig gewordenem Staat Papua Neu-Guinea an.

Geologisch gesehen ist die Insel eine junge Bildung. Ein Drittel der Inselfläche ist von Kalkstein aufgebaut /12 100 km²/ Der grösste Teil davon besteht aus Korallenresten, die im Mi-

ozän entstanden sind /11 000 km²/. Ihre Mächtigkeit ist 500 bis 1500 m. Seit dem Spätpliozän erhoben sich diese Gesteine, in grosse Blöcke zerbrochen, in 500 bis 2000 m Höhe. Es gestalteten sich drei grössere, zusammenhängende Karstgebiete: Whiteman-, Nakanai- und Raulei-Gebirge.

Bei seiner Studienreise in Neu-Guinea in 1972 hat Verfasser die Nakanai-Karstgegend in der Umgebung der Jacquinet-Bucht studiert. Die Karstgegend erhält hier in Jahresdurchschnitt mehr als 6000 mm Niederschlag. Die in die Bucht einmündenden Karstflüsse transportieren in gelöstem Zustand 140 bis 174 mg CaCO₃ pro Liter. Davon lässt sich berechnen, dass die korrosive Denudation des Gebirges äusserst intensiv ist. Von jedem Quadratkilometer wird etwa 200 m³ Kalkstein pro Jahr durch den Abfluss abgetragen, was ca. zehnmal grösser als die von den ungarischen Karstgebieten abgetragene Menge von Kalkstein ist. Die Oberfläche des Gebirges machen Korrosionsspalten, scharfe Felskanten ungangbar. Es handelt sich um einen speziellen tropischen Karsttyp: den Rutschkarst /crevice karst/.

STUDOJ PRI KARSTO EN NOVBRITIO

D. BALÁZS

Resumo

Novbritio estas la plej ampleksa insulo de la Bismarka insularo: 36.519 km², loĝ. 153.718 /1970/. La insulo apartenas al la nelonge lenda ĝusta ŝtato Papua Novgvineo.

La insulo estas geologie juna elformaĵo. Iliaj plej maljunaj petroj estas eleocenaj. La triono de la surfaco 12 100 km² konsistas el kalkpetro. Plejparto /11 000 km²/ estiĝis en mioceno-plioceno, konsistas ĉefe el restaĵo de koralo, ilia dikeco nombras 500-1500 m-ojn. Ekde la supera plioceno tiuj petroj leviĝis en la latecon 500-2000 m, disrompiĝinte en grandajn blokojn. Tri granda koneksanta karstaj areoj elformiĝis: la karstregionoj de la montaroj Whiteman, Nakanai kaj Raulei.

La aŭtoro sur sia studovojo en 1972 studis la karstregionon Nakanai ĉe la golfo Jacquinot. La karsto en tiu regiono ricevas dumjare pli ol 6000 mm-ojn da precipitaĵo. La riveroj kunportas en la golfon 140-174 mg-ojn da solvita CaCO_3 po litroj. Estas kalkulebla, ke la korozia transporto estas grandmezure. La riveroj el ĉiu km^2 transportas dumjare 200 m^3 -ojn da kalkpetro, kiu estas c. la dekoblo de la Hungarlanda transporto. La surfacon de la montaro neirebligas koroziaj fendegoj, akraj rokospinoj. Tiu ĉi estas specialatropika karst-tipo: la fendaĵkarsto /crevice karst/.

ИЗУЧЕНИЕ КАРСТА НА ОСТРОВЕ НОВАЯ БРИТАНИЯ

Д. БАЛАЖ

РЕЗЮМЕ

Новая Британия является самым крупным островом архипелага Бисмарка, территория его составляет 36 519 km^2 , а количество туземного населения - 153 718 /данные 1970 года/. Этот остров относится к государству Папуасская Новая Гвинея, недавно обретшему независимость. Данный остров в геологическом отношении представляет собой молодое образование. Самые старые породы происходят из эпохи эоцена. Третью часть /одну треть/ поверхности острова /12100 km^2 / образует известняк. Основная часть его /11 000 km^2 / образовалась в эпоху миоцена-плиоцена, в первую очередь из коралловых остатков. Толщина известняка здесь составляет 500-1500 м. С периода позднего плиоцена эти породы поднялись на высоту 500-2000 метров, раздробившись крупными массивами. Сложились три наиболее крупных, связанных между собой карстовых территорий: карстовые горные массивы Витеман, Наканай и Раулей.

Автор в 1972 году, во время своей научной командировки по Новой Гвинее, изучал карстовую область Наканай в районе за-

лива Жакино. Среднегодовые осадки этой карстовой местности составляют 6000 мм. Карстовые реки, впадающие в залив, несут по 140–174 мг/л находящегося в растворенном состоянии CaCO_3 . Из этого можно высчитать, что необычайно высока степень коррозионной денудации горного массива. Ежегодно с каждого квадратного километра вытекающие воды смывают примерно по 200 м³ известняка, что примерно в 10 раз превышает то количество, которое смывается с венгерских карстов. Коррозионные расщелины /пропасти/, острые и скалистые хребты делают поверхность этого массива непроходимой. Это особый тропический тип карста – ущельный карст /crevice karst/.

TAFONE ("NICHE") FORMATION IN
CARBONATE ROCKS IN NORTH SPAIN

by
Ö. RÁDAI

The origin and meaning of the word "tafoni"

The word "tafoni" /sg.: tafone/ is an expression derived from the Corsican dialect, and introduced into geomorphological terminology by P e n c k /1894/.

According to T e r m i e r's definition /1963/: "tafoni"* is a word of Corsican dialect used for description of alveolar cavities of vertical walls developed in crystalline rocks with surface looking southward".

S e g e r s t r o m and H e n r i q u e z /1964/ described tafoni in the Atacama-Desert, but this form has been observed in many other arid or semiarid areas of the Earth. The main occurrences are in California, Texas, Elba, Corsica, Sardinia, North Portugal, Sahara, Korea, Brasil, Uruguay and Argentina. In all the above-mentioned places tafoni have been developed in granites. These forms are known as "niches" in English terminology.

Such cavities have been observed in other rocks too, e.g. in rhyolite-tuff and conglomerate - in the south-western part of the U.S.A., in trachyphonolite lava - in North-Africa, in volcanic breccia - in the Northern Island of New-Zealand. The cavities in the rock surfaces of arctic deserts had also been described as tafoni.

* This form of the word became current in French terminology

They can be found in diabase and granite in Greenland, in silicate rocks on the Spitzbergen and in the erratic granite and gneiss blocks on the Antartctic.

S e g e r s t r o m and H e n r i q u e z /op.cit./ found the Chilean tafoni having been generally developed in granitoids of homogeneous composition and texture; similar forms were also observed in argillite but they proved to be smaller both in dimension and in number. In some places these tafoni reminded the authors of the kettle-holes formed by running water, in other places these interlocked cavities perforated the rocks. Concerning their orientation S e g e r s t r o m and H e n r i q u e z found that all tafoni face south-west or the direction of winds.

It can be stated that in the Atacama-Desert winter is arid and temperate, summer is dry, subtropical; the regions of higher altitude /above 2000 m/ are slightly less arid. The most significant fact is that the day-night variation of temperature surpasses the difference between the summer and winter averages. The wind - especially in winter - blows at a high speed. The summer average is 23°C , while the winter one 13°C . The maximum is 32°C and the minimum -2°C . The annual rainfall is 25 mm in the lower areas and 3-4 times more in the higher ones.

The inner parts of tafoni observed in the Atacama were wet, but outside they were dry almost all the time because the surface is exposed to the Sun, while the interior of the cavity remains in the shade. The nearly constant moisture of rock derives from the morning mist; in the higher regions this problem has not been cleared up.

The experts found it very characteristic that in the tafone the rocks are scaling off loosely and disintegrated, while the surface is intact and resistant. The hard, external surface is fresh without being impregnated with iron oxide. In the granite no joint, nor fault controlling the cavities can be observed. Consequently, the composition and texture of the rocks seem to have nothing to do with cavity development. In the

case of the strata of the less homogeneous argillite some relationship could be observed between the texture and the degree of desintegration.

Tafone formation

According to the quoted authors, tafone formation is attributed to the following physical factors: wind action, rainfall, insolation, alternative freezing and melting, expansion and contraction of curved surfaces and the moisture gradient between the internal and external surfaces.

Chemical factors: dissolution of certain minerals, salt crystallization /mainly from wind-blown salt on seashores/, the iron oxide impregnation of the external rock surface and the hydration of feldspars and other minerals inside the rocks.

Some authors assume that the dimensions, the shape and the orientation of tafoni depend on the lithoclase network, stratification, foliation and other structural elements. Minor differences in composition and in texture of the rocks are considered also very important. In accordance with some opinions alternating humidity and aridity of coastal climate are also prerequisites for tafone formation. Conforming to other views, a permanent, strong, unidirectional wind or a longer arid period of high temperature would be additional prerequisites.

In Chile the process resulting in exfoliation seems to be responsible for tafone formation as well. The main point is that the hydration of feldspars and other minerals plays an important role in cavity formation. Mainly clay minerals have produce such /katamorphic/ effect in wet rocks.

Insolation dries up the bottom of the cavity sooner than the upper parts e.g. the roof of it, therefore the roof tends to be "highing up". In the case of the tafoni developed in granite, the physical processes seem to have greater part than the chemical ones; the main cavity forming factor is the dissimilar expansion of curved surfaces. The beginning of tafone formation is followed by dilatation of different scale,

caused by hydration resulting from the differences in water content. Dilatation brings about concentric peeling off inside the cavity. Wind may contribute to the removal of disintegrated material, its role, in cavity formation, however, can be only subordinate, even though the moving air carrying grains of sand, may multiply the efficiency of wind action.

Tafoni in the "Paramo" limestone in North Spain

Consequently, climate - aridity rather than temperature - is crucial for tafone formation. In most of the caves cavities will develop in granite or in other igneous rocks. This phenomenon was observed in argillite and conglomerate, too.

To the best of our knowledge, no tafone formation has been described in carbonate rocks, e.g. in limestone. For this reason it was unexpected to find tafone in the Miocene limestone area of the Ebro-basin in North Spain / R á d a i, 1972/. The Ebro-basin is a semiarid area surrounded by the Pyrenees, the Iberian Mountains and Catalanian Mountains. The basin is crossed by the Ebro, the longest river /911 km/ of Spain. She is able to cross the semiarid basin only because of having her source in the Cantabrian Mountains, an area of humid climate. The tributaries of the Ebro come also from rainy areas; the only exception seems to be the river Ginel coming from a huge karstic spring. This spring is considered to be the emergence of an underground water flow; accordingly the Ginel is also an allochthonous stream like the other rivers of the Ebro-basin.

The surface of the basin is leniently undulating; the relief does not emerge higher than 850 m; the average altitude is 200-500 m.

The mean annual rainfall is 326 mms; though considerable deviations from this figure may occur. The potential evaporation is multiple of average rainfall even in case of its extreme maxima. The basin is crossed by the January 8°C and the July 24°C isotherms.

Owing to the described climatic conditions and to the lithology of the area /Miocene - so called - "Paramo" limestone, marl, gypsum, sandstone, conglomerate/ the natural vegetation is rather sparse, resulting in an obviously semi-arid character.

The centre of the Ebro-basin is the ancient town of Zaragoza, surrounded by four limestone plateaus. They are called "muela" after the name of the Muela plateau rising SW of the town.

The "Plana de Zaragoza" is situated SE of Huerva river and Zaragoza, above a typical "badland" area /Fig.1 /. The badland is almost without vegetation, mostly impassable, with strongly dissected surface of alternating gypsum, limestone and marl layers. The highest regions - extending to plateaus - are covered by the "Paramo" limestone. Here, in the vicinity of this great plateau, above the badland, rises a peak of 602 m, where the limestone surface covers several thousand square metres.

The thin strata of limestone are not suitable for tafone formation, only the beds of some decimetres of thickness.

The dimensions can be compared to the person on Fig.2. The adjacent cavity was so big, that one could stand bowed inside to change the film in the camera. Having changed the film as I was rising up, I found a limestone plate crashing down on my back. The disintegrating laminated limestone plate of some decimetres' extent and some centimetres' thick showed that the tafone formation went on here just like in the granite. It could be quite clearly observed that the shape of the cavity follows the external form of the block.

It seems to be probable that also the peeling off of inner "shells" of granite follows the outer line of desintegration, so they are of secondary origin.

The tafone, shown in Fig.2, made the wall of the dice-shaped block of limestone rather thin. The wall of the bigger tafone above is also quite thin.

Fig.3. provides a close-up view of the biggest cavity. One can quite clearly see that its wall is hardly a span thick. Above its mouth a long, arched joint shows the future edge of the entrance. The floor of the cavity inclines decidedly outwards against the dip, indicating that the debris and dust, falling from the walls and the roof have a way out on the slope; the wind - the deflation - may also have some part in the removal of it.

As for the nature of rocks: pure, stiff, rigid limestones are not suitable for tafone formation. The softer limestones of higher pelite content have fewer joints, fall into greater bulks and the water does not permeate them along large fissures but infiltrates more or less uniformly. It is also important that the debris is not coarse-grained but pelitic and mouldering. The most resistant rock-beds serve as bases for the tafoni; in some cases the same layer is the floor of one and the roof of a lower cavity. This is to be seen on Fig. 3.

The quite mature but not senile tafone consists of a thin, cemented crust saturated, cemented by the materials precipitated from the solutions migrating outwards from the rock. Inside the rock rather the destructive, while outside chiefly the consolidating effects predominate.

The frost actions and the rock volume differences as results of temperature alternation are also very important.

At the early, juvenile, stage of tafone formation the mouth of the cavity is near to the "bedrock" because here the evaporation is not heavy. At this level also deflation can act in an increased measure because the current of air is forced to change its direction and becomes turbulent.

The greatest horizontal cut of the tafone observed near the Plana de Zaragoza is at the level of the floor. The blocks containing tafoni are generally widening downwards. The cavities face N-NW.

On the left side of Huerva river, SW of Zaragoza is the already mentioned Muela plateau. The most attractive, and from



Fig. 1. „Badland” near the Plana de Zaragoza; typical so called „knife-edge” badland

1. Kép „Badland” terület a Plana de Zaragoza környezetében;
tipikus úgynevezett késél-badland



Fig. 2. Tafone near the 602 m peak; in the background the peak
2. Kép Tafoni a 602-es csúcs közelében; a háttérben a csúcs magasodik



Fig. 3. The greatest tafone; several people can have a room in it
3. Kép A legnagyobb tafone, amely akkora, hogy több ember elfér benne



Fig. 4. Mature tafone beneath the level of Muela plateau on the left side of Huerva river

4. Kép Erősen pusztuló tafone a Huerva folyó bal oldalán emelkedő Muela-plateau alatt

the geomorphological and geological viewpoints the most interesting valley is Barranco de Maria, leading up from Huerva river. In its upper left side-valley beneath the level of the plateau another smaller group of tafoni could be found.

At this place the "Paramo" limestone is not so markedly stratified as at the former occurrence of tafoni. Consequently there are no classical tafoni here /Fig.4./ and they are smaller than the other ones. On the Muela plateau almost all tafone were in a senile state, thus being of particular interest for our study.

It was obvious also there that the nature of rock quality - on favourable terms - plays a decisive role in tafone formation.

The rigid blocks are not suitable for it - as can be seen on Fig. 4. The cavities here face S-SE.

The tafone formation in limestone can serve as a new, definite evidence for the interpretation of the formation of these cavities.

The tafone can be defined by now more exactly. "Tafone" or niche is a cavity formed in rock-blocks of some cubicmetres of extent, exposed to insolation at least two sides, being permeable in a certain degree because of its primary porosity, containing minerals which do change their volume according the watercontent, - situated under semiarid climatic conditions, with large diurnal temperature-differences. The cavity is formed by alternating temperature and changing moisture content; in a stage of maturity it is roughly following the shape of the stone block and its powdery, exfoliating material is removed by gravitational forces and wind-action. So the most important factors are: rock-type and climate.

REFERENCES

1. BRYAN, Kirk, 1923. Erosion and Sedimentation in Papago Country Arizona, with a Sketch of the Geology U.S. Geol. Survey Bull. 730 B p. 19-90.
2. CALKIN, P. and CAILLEUX, Andre, 1962. A Quantitative Study of Cavernous Weathering /taffonis/ and its Application to Glacial Chronology in Victoria Valley, Antarctica; Zeitschrift f. Geomorph. V.6. p. 317-324.
3. PELLETIER, Jean, 1962. Le relief de la Sardaigne; Annales de Geographie No. 384, p. 192-193.
4. PENCK, Albrecht, 1894. Morphologie der Erdoberfläche 1. Bd. Stuttgart
5. SCHWATZBACH, Martin, 1954. Geologie in Bildern - eine Einführung in die Wissenschaft von der Erde; Wittlich, Georg Fischer Verlag, 132 p.
6. SEGERSTROM, Kenneth, 1962. Deflated Marine Terrace as a Source of Dune Chains, Atacama Province, Chile; Art 93 in U.S. Geol. Survey Prof. Paper 450 C, p. C 91 - C 93.
7. SEGERSTROM, Kenneth and HENRIQUEZ, Hugo, 1964. Cavities, or "Tafoni", in Rock Faces of the Atacama Desert, Chile; Geological Survey Research 1964, Chapter C /Geol. Surv. Professional Paper 501-C/ Washington.
8. TERMIER, Henri et TERMIER, Genevieve, 1963. Erosion and Sedimentation. D. van Nostrand Compl. LTD, London
9. WILHELMY, Herbert, 1956. Cavernous Rock Surfaces /taffoni/ in Semi-arid and Arid Climates; Internat. Geogr. Congress, 18th, Rio de Janeiro; Abstracts of Papers, P. 55-56.
10. RÁDAI, Ödön, 1972. The Trace Back of the Geomorphological Development of the Muela-plateau /Zaragoza-Spain/

Communication to the XIIth Congress of the Internat.
Society for Photogrammetry Ottawa-Canada p. 31-37.
/with 10 Figures/

TAFONI-KÉPZŐDÉS KARBONÁTOS KÖZETBEN, ÉSZAK-SPANYOLORSZÁGBAN

RÁDAI Ü.

Összefoglalás

"Tafoni" /egyesszámban: "tafone"/ a korzikai tájnyelvből származó kifejezés, amelyet P e n c k /1894/ vezetett be a szaknyelvbe.

T e r m i e r /1963/ definíciója: "taffoni" * korzikai dialektusból származó kifejezés függőleges-falú, kristályos kőzetben kialakult "méhsejt" üregek megjelölésére. Ezek mindig dél felé néző kőzet-felszínen alakultak ki."

S e g e r s t r o m és H e n r i q u e z /1964/ az Atacama-sivatagból írt le tafonit, de a Föld számos más aridus-, vagy szemiáridus klímájú területén megfigyelték e formákat. California, Arizona, Texas; Elba-szigete, Szardínia, Észak-Portugália; a Szahara; Korea meg Brazília, Uruguay, Argentína és persze Korzika területén is találhatók ilyen képződmények. A felsorolt helyeken mindenütt gránitban alakultak ki a formák, melyeket az angol szaknyelv: "niches" /egyesszám: "niche"/ gyanánt ismer. De az Egyesült Államok DNY-i részén riolit-tufában és konglomerátban, É-Afrikában trachifonolit-lávában és Új-Zéland É-i szigetén vulkáni breccsiában is megfigyeltek ilyen üregeket. A hideg - sarki - sivatagok kőzet-

*

Ez a forma a francia szakirodalomban honosodott meg.

felszínbe mélyülő üregeit is tafoni-ként írták le; Grönlandon gránit- és diabázban, a Spitzbergákon szilikátos kőzetben, az Antarktiszon gránit és gneisz erraticus tömbjeiben találhatók.

S e g e r s t r o m és H e n r i q u e z úgy találta, hogy a legtöbb nyílás szélirányba tekint. Az Atacama-ban a legjellemzőbb sajátosság, hogy a napi /nappal-éjszaka/ hőmérsékletkülönbség meghaladja az évi eltérést. A nyári átlaghőmérséklet 23°C , a téli -2°C . Az évi csapadék-átlag 25 mm /!/ a magasabb helyeken háromszor-négyszer több. Az üregek belseje nedves, a külső kőzet-felszín száraz volt; nyilván az árnyék-napsütés ellentét hatására. A nedvesség a hajnali ködökből eredhet. Az anyag a tafoniban: laza, pikkelyes, morzsalékos; a külső felszín: ép. A kőzet-szövet, vagy összetétel látszólag nem befolyásolja az üreg-képződést. A tafoni képződést az említett szerzők szél-surolás, csapó eső, váltakozó fagyás-olvasztás, a görbült felületek térfogat-változása, a belső-külső nedvesség-tartalom különböző eltérése következményének tekintik. Szerepet játszhat bizonyos ásványok oldódása, kristály-képződés /tengerparton szélhordta só!/ a külső kőzet-felszín vasoxidos impregnációja és a kapcsolódó vegyi folyamatok. Több szerző tafoni méretét, alakját, orientációját szerkezeti elemekkel hozza kapcsolatba.

A földpátok és más ásványok /főként az agyag-ásványok/ fejthetnek ki a nedves kőzetben ilyen /katamorf/ hatást.

A napfény általában hamarabb szárítja ki az üreg alsó részeit, mint a felső részeket, pl. a mennyezetet; így a mennyezet "fölgarapódzik". A szél segíthet eltávolítani a fölgarapult anyagot, de a szél hatása alárendelt.

* * *

A tafoni-képződésben tehát döntő szerepe van a klímának - mégpedig nem a hőmérséklet, hanem az ariditás a döntő. Leggyakrabban gránitban, vagy más magmás kőzetben keletkeznek az üregek - de argillitban, konglomerátban is előfordulnak.

Kifejezetten karbonátos kőzetben: mészkőben azonban - tu-

domásunk szerint - még nem irták le a jelenséget. Éppen ezért volt meglepő a tafonival Észak-Spanyolországban találkozni / R á d a i, 1972/. Az Ebro-medence központjától, Zaragoza városától DK-re széles plató emelkedik a Plana de Zaragoza. Kopár, fölszabdalt része váltakozó gipsz, márga és mészkő rétegekből álló "badland" terület" melynek legmagasabb részét néhány ezer m² kiterjedésű, miocén korú "paramo" mészkő fedi. Itt a 602 m magas csúcs közelében, sikerült ráakadni a tafonira. Csak a vastagabb /legalább néhány dm vastag/ mészkő padok alkalmasak kialakulásukra. A 2. képen látható személyhez viszonyíthatók a képződmények méretei. Az üregek mennyezete itt is "levelesen" válik le és az üregek durván követik a kőzettömb külsejének alakját.

A 2. kép előterében lévő tafone fala meglepően vékony már; ilyen a hátrább látható nagyobb képződményé is.

A 3. képen világosan látszik, hogy a "kéreg" alig arasznyi vastag. Az üreg "padozata" kifelé - a rétegdőlés ellen - lejt; ez mutatja, hogy a falakról-, mennyezetről hulló törmelék a lejtőn jut ki az üregből - nyilván segít ebben a szélfúvás, a defláció is.

A kőzetminőségről megállapítható: a szennyezetlen, merev, rideg mészkő kevésbé alkalmas tafoni-képződésre. A magas pelit-tartalmú, lágyabb, nem rideg mészkő kevésbé repedezik, nagyobb tömbökből áll és nem durva hasadékok mentén enged utat a beszivárgó, majd elpárolgó viznek, - hanem azt egyenletesebben járja át. Nem murva-szerű a törmeléke, hanem porló, finomszemű. A keményebb kőzet-padok mintegy alapul szolgálnak a tafone-nak - sokszor ugyanaz a réteg a lejjebb lévő üreg mennyezete. Ilyen látható a 3. képen.

A teljesen kifejtett, még nem pusztuló tafone tehát abból a vékony kéregből áll, amely a beszivárgás-párolgás váltakozása során eléggé átítatódott, cementálódott a kőzet belsejéből származó, - kifelé vándorló - oldatokból kiváló anyagoktól. A kőzet belseje tehát pusztul, vele szemben a felszínen növekszik a kőzet ellenállása. Szerepet kap a hőmérséklet-változás okozta kőzet-ásvány térfogat-változás és a fagy is.

A nyílások É-ÉNy felé tekintenek.

A szomszédos Muela-platón is fellelhetők az üregek /4. kép/. Ezek kisebb méretűek. Nyílásaik D-DK felé fordulnak.

A tafoni mészkőben való kifejlődésének ténye újabb, határozott bizonyítékokkal járult az üreg-keletkezés magyarázatához. A tafone most már szabatosabban definiálható.

A tafone maximálisan néhány m³-es, legalább két oldalával inszolációnak kitett, elsődleges porozitása révén bizonyos mértékig áteresztő, nedvesség hatására térfogatát változtató ásványokat tartalmazó közettömbben, - szemiaridus, nagy napi hőmérséklet-ingású területen - a hőmérséklet és nedvesség-tartalom változás hatására kialakuló, a közettömb alakját maturus korában durván követő üreg, melynek porlódó, levelesen leváló anyagát a gravitáció és szélfuvás távolítja el.

Tehát a lényeg: a közetminőség és a klíma.

TAFONI-BILDUNG IN KARBONATGESTEINEN IN NORD-SPANIEN

von

Ü. RÁDAI

Zusammenfassung

Tafoni /Singular: tafone; in der französischen Literatur: taffoni, in der englischen: niche/ ist ein Begriff vom korsischen Dialekt. Er bedeutet: Gesteinsblock mit Hohlräumen. Die Geographische Verbreitung von Tafoni ist abwechslungsreich: von den Polarregionen bis zu geringen geographischen Breiten, doch überall unter aridem, semiaridem Klima.

Bisher wurden solche Hohlräume vor allem aus Magmatiten sowie Gneisen und Argilliten beschrieben. Allerdings kommen Tafoni in Graniten am häufigsten vor. In Karbonatgesteinen hat man bisher, unseres Wissens, noch keine Tafoni gefunden.

In Nord-Spanien, im Ebro-Becken wurden Taffoni im miozänen Paramo-Kalkstein an zwei Stellen angetroffen.

Die Beobachtungen unterstützen hier auch die früheren Entstehungstheorien, diese mit einigen neuen Aspekten ergänzend. Die Abhängigkeit der Tafoni von Himmelsrichtungen ist hier nicht allzusehr ausgeprägt; auch die vorwiegende Windrichtung dürfte nicht als ein beeinflussender Faktor angenommen werden.

TAFONO-ELFORMIGO EN ELKARBONATAJ PETROJ, EN NORDHISPANIO

Ö. RÁDAI

Resumo

La tafono /franca taffoni, angla niche/ en originala formo tafoni /en singularo tafone/ estas Korsika dialekta esprimo; ĝia signifo: kava stonobloko; trovlokoj: variaj, de la polusoĝis malgrandaj latitudoj - sed ĉie en aridaj, duonaridaj zonoj. Ĝis nun ĉefe en elmagmaj petroj - kaj gnejsoj, argilitoj estis ĝi observita - plej ofte en granito. En karbonataj petroj - laŭ niaj konoj - oni ne observis tafonon. En Nordhispanio, en la baseno Ebro en elmiocena "paramo" kalkpetro oni sukcesis en du lokoj trovi tafonojn.

La novaj observoj apogas la pli fruajn teoriojn pri la elformigo - kompletigante ilin per kelkaj novaj vidpunktoj. Tie ĉi ne estas markanta la dependado de la cieldirektoj; nek la dominanta ventodirekto povas esti influa faktoro.

ОБРАЗОВАНИЯ ТАФОНИ В КАРБОНАТНОЙ ПОРОДЕ В СЕВЕРНОЙ
ИСПАНИИ

Ё. РАДАИ

РЕЗЮМЕ

Слово "тафони" /в единственном числе: тафонэ, во французском языке – таффони, в английском – найч/ является выражением, распространенным в корсиканском диалекте и означающим полую глыбу породы. Места образования таких полых глыб весьма разнообразны: их можно встретить начиная с районов полюсов и кончая малыми широтами, однако повсюду в аридных или полуаридных климатических условиях. До настоящего времени подобные пустоты описывались, главным образом, в породах магматического происхождения, а также в гнейсе и аргиллите, хотя наиболее часто они, тем не менее, встречаются в граните. Как нам известно, в карбонатной породе "тафони" до настоящего времени не удалось обнаружить. Однако в Северной Испании, в бассейне реки Эбро в известняках "парамо" эпохи миоцена в двух местах удалось обнаружить "тафони".

Наблюдения в данном случае подтверждают уже имевшиеся ранее теории их возникновения, дополняя их некоторыми новыми соображениями. Здесь не является решающей зависимость "тафони" от стран света, к тому же господствующее направление ветра также не может быть влияющим фактором.

LES ÉLÉMENTS ÉCOLOGIQUES DE LA GROTTE "METEOR"

par
D. BAJOMI

1. La découverte de la grotte

Explorant depuis 1957 les grottes et les dolines du Karst d'Aggtelek, les spéléologues du Club Sportif Vörös Meteor de Budapest ont pénétré au mois d'août 1961 dans la grotte Meteor par la perte nommée Kisvizes-töbör qui se trouve aux flancs du plateau Alsóhegy /Fig. 1./.

2. La brève description de la grotte

L'entrée de la grotte se trouve à 420 mètres d'altitude au flanc méridional de la montagne Alsóhegy qui est située dans le Nord-Est de la Hongrie, à l'Est de la commune de Bódvaszilas, près du chemin de charrois qui mène de la commune à "Szabó-pallag" /Fig. 2./.

L'entrée étroite de la grotte se trouve au flanc de la perte Kistöbör, au pied d'une falaise en hémicycle. Depuis la découverte de la grotte l'entrée a beaucoup changé. Le fond original de la doline se situait à peu près à 4 m, au dessus du niveau actuel de l'entrée et il était constitué de débris de sol forestier. Mais à la suite d'un éboulement dû à l'élargissement de l'entrée, cette zone de la grotte sèche et étroite à l'origine est devenue argileuse jusqu'à la Salle des Singes à cause des écoulements de schistes argileux effrités. Actuellement on entre dans la grotte par un puits blindé qui est situé au pied de la perte et dont la profondeur est de 1 m 50. Ayant dépassé les rétrécissements de l'entrée



Fig. 2. L'entrée actuelle de la grotte

Photo: D. Bajomi

2. ábra. A barlang jelenlegi bejárata

Fotó: Bajomi D.

saine et plus bas il traverse des galeries de plus en plus vastes, couvertes de décombres et ornées de stalagmites. Puis l'eau se précipite dans plusieurs avens profonds de 10 m pour arriver finalement dans une immense galerie formée tectoniquement, qui s'appelle La Salle des Titans. L'eau du ruisseau continue son chemin au dessous de cette salle dans un lit argileux et étroit, vers un but - de nos jours encore - inconnu. Au fond de cette salle riche en énormes stalagmites nous apercevons un autre bras de ce ruisseau, mais malheureusement, nous ne pouvons pas suivre longuement son cours à cause d'un bouchon d'argile. Cet endroit, le point terminal actuel de la grotte se situe à 150 mètres au dessous de l'entrée. Le développement total des parties explorées et mesurées de la grotte est de 1 km, y compris les chemins de détour et les étages supérieurs.

3. La géologie de la grotte

Les roches karstiques des environs de Bódvaszilas se sont formées pendant le Trias. La masse essentielle de la Montagne d'Alsóhegy est constituée par des calcaires du type de Wetterstein de l'Anisien et du Ladinien, calcaires gris clair avec des veinules rouges. Sur la surface nous trouvons d'importantes couches d'argile et de dolomite infra-anisiennes du type de Guttenstein /ces roches se karstifient difficilement/. Au cours de l'orogénèse une importante ligne tectonique s'est formée dans la direction Pelsőcardó-Bódvaszilas qui a constitué une structure en écaille tectoniquement perturbée. Tout au long de cette grande zone structurale, allant de la Vallée de Bábavölgy jusqu'à la perte de la grotte Meteor on constate une imbrication de grès plastiques et de schistes argileux pourpre datant du Séisien. Cette ligne structurale explique l'existence de la série de pertes qui se trouve au bord du plateau d'Alsóhegy /les pertes nommées Hangyás, Pócsakői, Nagyvizestöbri, Kisvizestöbri/. Toutes ces pertes sont caractéris-

tiquement des pertes marquant la limite des différentes couches rocheuses, étant donné qu'elles se situent à la limite du grès séisien /imperméable/ et du calcaire de Wetterstein, couche qui se karstifie facilement. La formation de la grotte Meteor s'explique également par cette zone tectonique puisqu'elle est due aux grands bouleversements structuraux et à l'activité de l'eau.

Étant donné que ces couches de schiste de Werfénien s'allongent tout le long des flancs méridionaux du plateau se terminent à la source Vecsem, les eaux de la grotte et des pertes situées devant la grotte ne peuvent pas quitter avant le flanc de la montagne d'Alsóhegy et elles doivent couler parallèlement à la limite des deux couches rocheuses jusqu'à ce qu'elles n'atteignent la ligne tectonique Nord-Ouest-Sud-Est située entre Szabó-pallag et la source Vecsem.

Il est fort probable que les eaux de la grotte Meteor reviennent à la surface à travers la source Vecsem puisqu'au cours d'une expérience l'eau colorée d'une perte située près de la grotte, celle de la perte, de Pócsakő a été également signalée dans cette source. Une faille oblique, peu inclinée qui s'étend de l'entrée jusqu'à la Salle des Titans détermine la disposition des galeries. À la surface terrestre cette faille se rattache à la limite des différentes roches. C'est à cet endroit que les eaux superficielles pénètrent dans la grotte. Les formations trouvées à l'intérieur de la grotte indiquent que, contrairement par exemple à la grotte Baradla, l'eau a joué un rôle secondaire dans la formation de la grotte par rapport aux effets tectoniques, sans pour autant négliger ce rôle.

La Salle des Titans est délimitée par des éléments dont les fractures aiguës peuvent laisser croire que cette salle a été formée tectoniquement. On peut supposer que la partie ornée d'hélictites est le prolongement de la faille oblique mentionnée plus haut. Dans les parties inférieures de la grotte, /ou se situe le lit du ruisseau/ nous pouvons voir des marques qui témoignent d'une activité plus intense de l'eau.

Dans la Grande Salle et dans la Salle des Titans certaines failles laissent découvrir du schiste argileux inséré.

Il s'ensuit que la grotte Meteor s'est formée dans une zone très fort affectée par des mouvements tectoniques et ainsi elle est différente des autres grottes du Karst d'Aggtelek qui ont été essentiellement formées par l'eau.

4. Le climat de la grotte

La température de l'air, la teneur en vapeur de l'air et les courants d'air constituent les trois éléments climatiques de première importance du point de vue écologique.

L'entrée de la grotte Meteor se situe à 420 m d'altitude, aux flancs d'une doline boisée. Étant donné que la grotte ne communique que par une galerie étroite avec la surface, les conditions extérieures ne modifient pas d'une façon importante les données climatiques de la zone d'entrée. Nous allons voir qu'un autre élément joue un rôle plus important par le fait que jusqu'au 3^{ème} point de mesure à un endroit relativement proche de l'entrée la galerie atteint déjà 25 m de profondeur par rapport au niveau d'accès.

a. La température de l'air

Le Tableau 1 indique les températures mesurées à l'intérieur de la grotte. Si nous considérons les conditions particulières de la grotte en étudiant les températures enregistrées, il est flagrant que malgré la basse température extérieure $+1^{\circ}\text{C}$ ce n'est pas la zone d'entrée qui est la plus froide, mais les environs du 8^{ème} point de mesure. On enregistre des températures supérieures à celles-ci dans des galeries pas très grandes qui sont arrosées par le ruisseau. La température est encore plus haute dans les grandes salles où les cours d'eau sont insignifiants ou inexistantes /P.e. dans la Salle des Titans la moyenne est de $11,7^{\circ}\text{C}$ et de $10,0^{\circ}\text{C}$ dans la Salle des Singes/. Les températures enregistrées au dessus de la Première échelle $/12,0^{\circ}\text{C}/$ et en dessous de

Tableau 1

La température de l'air

Date	heures	minutes	Points de mesure	Température
27/12/1964	13	41	Devant la grotte	+ 1,0 °C
	18	54	Salle en Fer à Cheval	10,0
	19	15	Salle du bain de pied	9,2
	19	50	3 ^{ème} point de sondage	8,5
	20	00	Devant la Glissoir	9,4
	20	40	Au bas du Glissoir	9,0
	21	00	Salle des Singes	10,0
	22	50	Salle d'éboulis	9,0
	23	55	8 ^{ème} point de sondage	7,8
28/12/1964	00	30	Au fond de la Grande Salle	9,5
	00	50	En haut de la Première Échelle	12,0
29/12/1964	16	00	En bas de la Première Échelle	11,0
	17	30	Sommet du Monde	10,8
	18	45	Puits	10,4
	22	00	Derrière la Cheminée à Hotte	12,0
	22	45	A côte du Baldaquin	11,9
	23	45	Puits de soulagement	11,0
	00	15	Grande coulée stalagmitique	12,5
	01	00	Sous les Excentriques	11,3
	01	40	Au lac	10,6
	02	50	Au bas de la Deuxième Échelle	12,0

la Première échelle /11,1 °C/ sont supérieures à celles que nous avons attendu. Ce phénomène s'explique peut-être par les dimensions de la galerie et par les courants d'air. Si nous comparons les températures enregistrées dans la grotte à celles qui ont été enregistrées par MM. D u d i c h et C s o m o r - Z a l a v á r i /4/ dans la grotte Baradla, il nous apparaît immédiatement que dans la grotte Baradla la différence maximale entre les températures enregistrées aux différents point de mesure était de 1,8 °C, tandis que dans la grotte Meteor cette différence était de 4,0 °C, au moment du premier relèvement et de 4,7 °C au moment de deuxième relèvement. On peut dire, que la grotte Meteor ressemble de ce point de vue aussi plutôt à celle d'Abaliget /9/, où la différence entre la température maximale et minimale était de 4,0 °C.

b. L'humidité atmosphérique

La moyenne des teneurs en vapeur enregistrées dans la grotte Meteor au cours des deux différentes mesures était respectivement de 94,6 % et de 96,1 %. Ces valeurs sont aussi bien inférieures à celles qui ont été enregistrées dans la grotte Baradla qu'à celles de la grotte d'Abaliget bien qu'elles se rapprochent plutôt de cette dernière. Ce taux inférieur d'humidité s'explique probablement par deux faits: d'une part, dans la grotte Baradla et dans la grotte d'Abaliget contrairement à la grotte Meteor il y a un cours d'eau actif tout le long de la cavité et, d'autre part, les galeries de la grotte ne se rétrécissent pas considérablement et, par conséquent, il n'y a pas de courant d'air important à l'intérieur de la grotte. Les taux d'humidité enregistrés au cours des deux mesures successives étaient identiques en trois endroits de la grotte, en quatre lieux nous avons enregistré des différences de 1 ou 2 %, en deux points les différences étaient de 3 ou 4 % et en trois endroits elles étaient de 5 %. Cela est certainement dû aux modifications

de la vitesse des courants d'air et à l'inégalité des dimensions des différentes galeries.

Malgré les divergences des résultats des mesures successives, nous pouvons dire que du point de vue écologique le degré d'humidité de la grotte est élevé et constant/Tableau 2/.

c. Les courants d'air

La circulation d'air est le troisième élément qui influence le climat de la grotte. Dans les grandes cavités l'air peut être considéré comme pratiquement immobile, bien que nous savons que l'air se renouvelle dans une certaine proportion à travers des lithoclasses.

Ce n'est qu'aux endroits où les différentes zones de la grotte communiquent par des rétrécissements que l'on constate des courants d'air plus importants /p. e. au sommet de la Deuxième Échelle, dans la Salle des Titans, dans le Lit du Ruisseau Supérieur et au rétrécissement qui se trouve entre le 8^{ème} point de mesure et la Grande Salle/.

L'hiver l'air froid extérieur - dont le poids volumique est supérieur à celui de la grotte - pénètre profondément dans les galeries de la grotte qui atteignent rapidement une grande profondeur par rapport à l'entrée et cet air froid se fait sentir à peu près jusqu'au troisième point de mesure, où jusqu'au sommet du Glissoir, mais l'air froid ne joue pas un rôle considérable du point de vue écologique. Il est intéressant que les températures enregistrées dans la Salle du Fer à Cheval et dans la Salle du Bain de Pied sont supérieures à celles qui ont été enregistrées au 3^{ème} point de mesure ou au Glissoir. Cela s'explique par le fait que le principal courant d'air ne passe pas par les galeries et les salles que nous empruntons, mais il passe à côté d'elles en suivant tout droit le prolongement de la crevasse qui mène au Glissoir à travers les débris, par où passe également l'eau de la perte. L'été ce phénomène est moins important puisque l'air chaud ne peut pénétrer dans les cavités remplies d'air plus lourd,

Tableau 2
Teneur en vapeur pression atmosphérique

Point de sondage	Le date du sondage						
	27/12/1964/1/			22/10/1965			
	Pression atmos- phérique /mm de mercure/	Humidité de l'air humide sèche	Degré hygro- mé- trique /°/	Pression atmos- phérique /mm de mercure/	Humidité de l'air humide sèche	Degré hygro- mé- trique /°/	
Devant l'entrée	720,0	1,8	1,2	719,4	-2,5	-1,8	84
Selle en Fer à Cheval	722,0	8,2	8,3	722,0	8,5	8,2	97
Selle du bain de pied	722,5	8,1	9,6	720,8	8,0	8,2	97
3ème point de sondage	722,8	8,2	8,8	722,6	8,1	8,4	96
Devant le Glissoir	723,0	8,4	9,0				
En bas du Glissoir	724,0	8,4	8,8				
Selle des Singes	725,0	8,4	9,0	723,1	9,2	9,8	93
d'éboullis	724,5	8,0	8,4		8,5	8,8	96
8ème point de sondage	724,8	9,0	9,4	725,8	9,2	9,4	98
En haut de la Première échelle	725,5	9,2	9,6	727,1	9,4	9,8	95
En bas de la Première échelle	731,8	9,8	10,2		9,8	10,0	98
Sommet du Monde	732,2	10,0	10,6	726,7	9,6	9,8	98
Puits	733,0	10,2	10,4	728,1	10,0	10,4	95
En bas de la 2ème échelle	737,5	10,4	10,8	728,4	9,6	10,0	94
AU lac	736,0	10,4	10,8	734,0	10,4	10,8	95
Aux Excentriques	736,0	10,6	11,0	744,5	10,6	10,8	98
Derrière la cheminée à hotte	736,0	11,1	12,1	730,6	10,6	10,8	98
A côté du Baldequin	736,0	10,8	11,4	734,2	10,6	11,0	95
Puits du soulèvement	736,5	10,6	10,8	737,0	10,5	11,0	94
Grande coulée atelegraphique	747,5	10,6	11,0	736,0	10,4	10,8	95
Lit du ruissseau					10,7	10,8	99
Moyennes des degrés hygrométriques /°/							96,1

// Les environs de l'entrée étaient couverts d'une couche de neige de 10 cm au moment de la mesure.

de sorte que cet effet ne se fait sentir que jusqu'au premier rétrécissement.

d. La pression atmosphérique

A l'intérieur de la grotte la pression atmosphérique augmente progressivement en fonction de la profondeur /Tableau 2./.

5. L'hydrologie de la grotte

Nous distinguons trois sortes d'eau dans la grotte: l'eau du ruisseau, l'eau des bassins stalagmitiques et l'eau qui se trouve dans les fentes de roche.

a. L'eau de ruisseau, l'eau stagnante, l'eau des fentes de roche

Le ruisseau est alimenté par deux sources, d'une part par les eaux qui proviennent directement de la surface /pendant les chutes d'eau et la fonte des neiges/, d'autre part par les eaux provenant des couches proches de la surface, eaux qui se dirigent vers la grotte à cause de l'effet de succion des grandes crevasses. Ainsi la composition et la quantité de l'eau du ruisseau varie dans une grande mesure en fonction des conditions existant à la surface, et sa température est également conditionnés par les circonstances extérieures. En hiver l'eau du ruisseau se réchauffe progressivement à partir de l'entrée en fonction de la température intérieure /voir le Tableau 3/ et elle atteint à peu près cette température à la Première Échelle. Le 22 décembre 1964 le débit du ruisseau était de 4,28 litres par seconde. Pendant la période des grandes eaux la moyenne du débit doit être à peu près quatre fois supérieure. L'eau du ruisseau coulant d'abord parmi des pierres et des débris, est propre pendant la période des eaux basses. Le ruisseau dépose des granulations fines tout le long des secteurs à basse chute. En descendant la quantité d'argile augmente progressivement et l'eau coule dans un lit d'argile épais de 40 cm.

L'eau des bassins stalagmitiques est toujours pure, sa température varie entre 9,5 et 11,0 °C.

La température des petits bassins peut être considérés constante /Tableau 3/. Leur régime varie selon les saisons. Le bassin d'eau qui se trouve derrière la Cheminée en Hotte peut se dessécher, et à ces moments-là le niveau du Lac peut être inférieur de 40 cm au niveau habituel. Au cours de nos examens le Puit de soulagement contenait toujours la même quantité d'eau, il ne s'est jamais desséché et l'excédent a toujours débordé. Les eaux qui se trouvent dans les fentes de roche sont intéressantes par le fait que j'y ai trouvé des animaux: des Copépodes et des larves. Les animaux furent capturés à l'aide de plusieurs filets de plancton placés pendant un mois sous les eaux gouttieres, ces captures furent effectuées de la même manière que celles qui ont eu lieu dans la grotte Baradla et dont les résultats étaient également positifs. Nous n'avons procédé qu'une seule fois à l'examen chimique des eaux des fentes.

b. L'analyse des eaux

Etant donné que nous n'avons pu faire qu'une seule fois des examens approfondis, nous ne pouvons pas tirer de conclusions plus profondes. Ces résultats n'ont qu'une valeur informative et ils reflètent uniquement les conditions du moment de la mesure puisque nous savons que la composition chimique peut changer d'heure en heure et elle dépend très fortement des conditions qui règnent à la surface. J'ai comparé les résultats de l'examen chimique avec les résultats obtenus par M. R e - z s ő M a u c h a dans la grotte Baradla /14/ et par M. A n - t a l G e b h a r d t dans la grotte d'Abaliget /9/. Les degrés de concentration en ions d'hydrogène /pH/ ne varient pas d'une façon importante d'un point de sondage à l'autre et ces résultats sont à peu près pareils à ceux qui ont été obtenus au cours de recherches effectuées dans la grotte Baradla. Les eaux de la grotte Meteor présentent, peut-être, un pH

Tableau 3

La température des eaux de la grotte /°C/

Point de sondage	Date de la mesure			
	27/12/64		22/01/65	
	ruisseau	eau stagnante	ruisseau	eau stagnante
3 ^{ème} point de sondage	7,0		7,0	
En haut du Glissoir	7,2			
En bas du Glissoir	8,5			
Salle d'éboulis	8,2		7,5	
8 ^{ème} point de sondage	8,8		7,5	
Grande Salle	9,0		9,3	
Au sommet de la première échelle	9,8		10,0	
Au sommet du Monde		10,0		10,0
Puits	9,8		9,6	
En bas de la 2 ^{ème} échelle	10,3		9,0	
A la Cheminée à Hotte		11,0		11,0
Puits du soulagement		10,4		10,6
Lac		10,6		9,5
Bassin du ruisseau			11,5	

légèrement supérieur, la différence des moyennes est de 0,2 pH. Les valeurs d'alcalinité mesurées en degrés Warth ne sont guère différentes à l'intérieur de la grotte et elles sont très voisines de celles qui ont été enregistrées dans la grotte Baradla et dans la grotte d'Abaliget.

Parmi les données relatives à la dureté carbonique, à la dureté calcique, les différents résultats du troisième échantillon se font remarquer immédiatement par leur différence. Cela s'explique par le fait suivant: dans cet échantillon nous avons examiné la composition de l'eau qui provient directement du plafond - c'est à dire l'eau qui se trouve à l'intérieur des roches - à l'aide d'un tuyau en plastique passé sur une stalactite très active et l'eau ainsi rassemblée fut conduite dans une bouteille puis dans une éprouvette de telle façon que l'eau ne puisse pas entrer en contact avec l'air. Ainsi la bouteille était toujours remplie d'eau fraîche et l'eau moins fraîche fut déplacée progressivement.

Les résultats obtenus nous permettent de constater que les ions de Ca^{++} et de HCO_3^- prédominent dans les eaux de la grotte. Mais les eaux qui se trouvent à l'intérieur des roches sont encore plus riches en ions de Ca^{++} et de HCO_3^- puisque ces ions ne peuvent pas s'éliminer. Cela est prouvé par la présence d'une grande quantité de CO_2 dissoute. La quantité des ions de Mg^{++} est déjà beaucoup moins importante et il n'y a pas de différence notable entre l'eau du ruisseau et entre les eaux de la roche. La quantité des ions Cl^- ne varie pas d'une façon considérable à l'intérieur de la grotte Meteor; par contre, on observe une différence importante par rapport au 3,63 mg/l de la grotte Baradla et au 2,0 mg/l de la grotte d'Abaliget, étant donné que nous avons mesuré des valeurs souvent quatre fois supérieures à celles-ci. La quantité des ions de NH_4^+ et de NO_3^- est importante du point de vue des recherches qui portent sur la physiologie de l'alimentation. Aux endroits où nous trouvons des ions NH_4^+ , leur quantité est supérieure aux taux observés dans la grotte Baradla et parfois elle les dé-

passé très largement /I^{er} et 4^{ème} échantillons/. La quantité des ions de NO_3^- présents dans l'eau nous signale le taux de désassimilation. Cela explique bien pourquoi nous avons trouvé très peu d'ions de NO_3^- dans les fentes de roche et quelle est la cause de la faible apparition de ces ions dans le 5^{ème} échantillon qui provient d'un petit bassin stalagmitique. Le Lac dont les dimensions sont plus grandes et dans lequel on trouve des crustacés Copépodes contient davantage d'ions de NO_3^- . La quantité du bioxyde de carbone est insignifiante /cela s'explique par la précipitation du CaCO_3 / et ce n'est que dans les eaux des fentes que l'on observe une quantité plus importante d'anhydride. Dans ces fentes l'acide carbonique sert à maintenir les ions de Ca^{++} et de Mg^{++} dans la solution. À l'intérieur de la grotte la quantité du SiO_2 ne varie pas considérablement mais cette quantité est cinq fois inférieure à celle de la grotte Baradla ou de la grotte d'Abaliget.

Le taux de consommation de KMnO_4 indiqué dans le 4^{ème} Tableau équivaut à la quantité /mg/l/ de KMnO_4 nécessaire à l'oxydation des substances organiques de l'eau. Ce taux est assez élevé dans le I^{er} et dans le 4^{ème} échantillons dont les résultats sont fort différents de ceux qui ont été enregistrés en d'autres endroits de la grotte.

Parmi les nitrocomposés inorganiques il faut signaler le faible taux de l'ammonium; par contre, la teneur en nitrate est singulièrement élevée. Cela témoigne pour une nitrification intense. Dans les eaux examinées et surtout dans les eaux stagnantes nous avons remarqué beaucoup de bactéries, mais malheureusement nous n'avons pas pu procéder à leur détermination. A cause de l'intérieur de la grotte, les ions d'azotate ne sont pas utilisés par des organismes végétaux et ainsi ces ions peuvent s'accumuler, ce qui facilite la nitrification. Les recherches qui ont été effectuées en 1931 dans la grotte Baradla /7/ et celles qui ont eu lieu tout récemment prouvent également que les bactéries nitrifiantes produisent beaucoup de nitrocomposés organiques et par ce fait ils occupent une place importante dans le cycle des

Tableau 4
Analyse chimique des eaux de la grotte

N° de l'échantillon	I	II	III	IV	V	VI
Point de sondage	Grande salle	En bas de la 1ère échelle	Sommet du Monde	Lac	Cheminée en Motte	Lit du ruisseau
La date des sondages 23/1/1965						
Type d'eau	eau de ruisseau	eau de ruisseau	eau gouttière	baseins de stalac- tites		eau de ruisseau
pH	7,85	7,96	7,48	7,65	7,76	7,85
Alcalinité W^0	3,3	4,9	5,6	3,6	3,6	4,8
Dureté carbonique*	9,4	13,8	15,7	10,0	10,2	13,3
Dureté magnésique*	0,9	0,2	0,9	0,6	0,9	0,8
Dureté calcique*	8,2	14,2	15,9	10,5	11,0	14,0
Dureté totale*	9,6	14,4	16,8	11,1	11,9	14,8
mg/litre de Ca^{++}	62,2	101,5	113,6	75,1	78,63	100,1
mg/litre de Mg^{++}	3,9	0,9	3,9	2,6	3,9	3,5
mg/litre de Cl^-	11,0	14,0	12,5	9,0	9,0	12,5
mg/litre de NH_4^+	1,75	0,078	0,039	1,17	0,0	0,0
mg/litre de NO_3^-	9,5	5,5	2,0	5,5	3,5	7,5
mg/litre de O_2	10,7	8,5	10,3	7,8	9,8	11,8
mg/litre de CO_2 dissoute	0,0	0,08	0,38	0,08	0,0	0,0
mg/litre de SiO_2	4,5	3,8	2,3	2,5	2,7	3,2
Consommation de $KMnO_4$ en mg/litre	11,3	6,2	5,6	14,0	5,6	6,5

* Degré hydrométrique allemande exprimé en CaO mg/l

échanges nutritifs et ce sont ces bactéries qui assurent une partie de la production autotrophe.

6. Les effets optiques

Dans les grottes la lumière constitue un facteur de minimum décisif. De ce point de vue on peut nettement distinguer la zone d'entrée qui se termine à la limite d'illumination et la zone totalement obscure. La zone non-obscure de la grotte Meteor s'étend seulement jusqu'à la Salle en Fer à Cheval. Étant donné que l'entrée actuelle s'ouvre au flanc d'une perte par un puits blindé, les rayons du soleil ne pénètrent que jusqu'au fond du puits ou au maximum jusqu'au début de la première galerie. Ensuite c'est dans la pénombre que nous arrivons au premier rétrécissement. Dans la brève zone perpendiculaire qui suit le rétrécissement nous n'apercevons qu'une très faible lueur. Dans la Salle en Fer à Cheval l'obscurité totale est éternelle. La zone obscure - l'antron - commence dans cette salle. Du point de vue de la faune cette distinction est nette. Les espèces caractéristiques de la zone d'entrée /du chasma/ sont les suivantes: *Scolopterix libatrix* et *Triphosa dubiata* /Lepidoptera/, *Limax maximus* /Gastropoda/, les Oniscidea /Isopoda/. Nous devons mentionner qu'il ne nous a jamais été donné la possibilité d'observer ces espèces plus loin que dans la Salle en Fer à Cheval.

7. Le biotop de la grotte

- I. Les entrées des grottes et l'association pariétale,
- II. Les sols de grottes et la faune y habitant,
- III. Le guano et les guanobies,
- IV. La complexe des terrains de roche stratifiés, des fentes, des argiles intercalées, des stalactites; la faune troglobionte terrestre,
- V. Le milieu liquide /rivières, lacs, bassins/ et la faune aquatique,

VI. Le milieu interstitiel et la faune phréatobie.

La zone d'entrée proprement dite qui se trouve au premier rétrécissement est une galerie cindée de grandes roches qui se rétrécissent progressivement. Ces roches renferment des galeries relativement petites, du grès effrité et du sol forestier. Dans le remplissage argileux nous trouvons souvent quelques graines germées, qui faute de lumière ne donneront que des plantes veules et étiolées. A part cela nous pouvons observer à cet endroit des racines de plantes qui poussent à la surface. Dans la zone d'entrée nous voyons à l'oeil nu plusieurs animaux: des limaces, des papillons, des moustiques, des mouches, des cloportes, des araignées et des coléoptères /qui constituent l'association pariétale/.

Le fond de la Salle en Fer à Cheval est constitué de débris qui est couvert en quelques endroits d'une légère couche d'argile et cette argile est normalement assez humide dans les parties profondes de la grotte. A cet endroit on ne trouve plus de papillons et de cloportes et les moustiques aussi se font rares. Par contre on voit encore un grand nombre de limaces /*Limax maximus*/ sur les murs.

Le fond de la Salle du Bain de Pied est également constitué de débris, mais à part l'argile très humide nous trouvons de la terre et des débris végétaux qui ont été transportés dans la grotte par les eaux. Les égouttements intenses et les eaux provenant de la perte rendent humide l'argile de cette salle. À cause de leur mauvais climat la Salle en Fer à Cheval tout comme la Salle du Bain de Pied n'hébergent que peu d'espèces /quelques larves de Collembola, Diptera et Coleoptera/.

En passant par le rétrécissement qui s'ouvre au fond de la salle nous arrivons dans une zone caractéristique de la grotte, qui se termine à peu près à la Salle des Singes. Cette galerie est effectivement une fente oblique dans laquelle nous apercevons d'énormes roches amassées le long de la fente. En plusieurs endroits ces roches touchent presque le plafond. Le ruisseau qui coule à notre gauche en descendant a déposé

aux endroits de basse chute de l'argile, du sol, des morceaux de feuilles et de tiges végétales. De cet alluvion j'ai toujours pu récolter des Copépodes. Dans les endroits à basse chute ou il y a suffisamment d'argile entassée, nous rencontrons des Niphargus qui sont des espèces typiques de la faune aquatique. Sur les débris plus secs habitent des Staphylinidae et des araignées. Dans cette zone nous avons aperçu plusieurs fois des chauves-souris dormant seules.

Sous l'immense bloc de pierre du Glissoir le ruisseau et ses environs sont à peu près les mêmes que dans la zone que nous venons de décrire. A cet endroit j'ai récolté plusieurs fois des larves de Nématocères et des Tubificida sur les pierres qui sortaient de l'eau et sous les bords argileux du ruisseau.

La Salle des Singes est le premier endroit où il y a une plus grande quantité de remplissage composé de terre végétale et surtout d'argile sèche. A l'aide de pièges à glycole éthylénique déposés dans cette salle j'ai récolté un grand nombre de mouches et de larves de mouches et de cloportes. J'ai observé plusieurs fois des chauves-souris qui ont déposé une petite masse de guano. Cette masse très humide abrite un grand nombre de larves de mouches qui font partie de la synusie de guanobies.

Dans la Salle d'Éboulis j'ai récolté plusieurs fois de Niphargus. Les bords du ruisseau et l'alluvion sont riches en Tubificida, en Nématodes et en Copépodes. Sur l'argile des bords du ruisseau on peut voir une grande quantité de fiente de lombrics. Ici nous avons plusieurs vers qui font partie de la faune du sol. A l'autre bout de la salle on trouve un comblement constitué d'argile sèche.

Au 7^{ème} point de mesure le fond est constitué de débris. Le ruisseau coule d'abord sur une immense pierre oblique puis il disparaît parmi les roches. A cet endroit on observe uniquement des araignées au plafond.

Dans la Grande Salle le remplissage est constitué en grande partie d'argile relativement sèche et de schiste argielux. En

descendant, le ruisseau coule à notre gauche, ses bords sont argileux. Ici aussi on observe beaucoup de fiente de lombrics. Le biotope de cette salle convient particulièrement à la faune troglobionte terrestre et ainsi nous trouvons en grand nombre les représentants typiques de cette faune. À l'aide de pièges à insectes nous pouvons récolter des *Duvalius*, des Collemboles, des Diptères, des Acariens et des Aranéides.

Avant la Première Echelle, au bord du ruisseau nous trouvons une planche et une poutre tombées en pourriture et sur le bois vermoulu on observe une grande surface de mycélium de champignons et même des champignons à hyménophore. Ces champignons ont végété pendant six mois environ, mais après cette période il n'y a pas eu de nouvelles pousses, sans doute faute de spores. Dans cette zone nous pouvons observer un grand nombre de cloportes, d'araignées et de Collemboles. L'échelle en corde est suspendue à une putre en bois scellée à deux pans de rochers et cette poutre est également couverte de mycélium. Ces champignons se sont développés sur les roches voisines et ils constituent une surface de plusieurs mètres carrés. Les mouches qui se développent à l'intérieur des champignons pullulent à cet endroit étant donné que le milieu est particulièrement propice.

Du bas de la Première Echelle jusqu'au sommet de la Deuxième Echelle la galerie est aussi étroite qu'un cagnon. Il n'y a pratiquement pas de débris au fond de la galerie. En plusieurs endroits le ruisseau occupe toute la largeur de la galerie et son courant devient assez rapide. Au dessus des galeries arrosées par le ruisseau s'étend une zone inactive, la zone des Galeries Supérieures où l'on trouve le Sommet du Monde et la Galerie du détour du puits. Au Sommet du Monde nous avons remarqué les traces d'un ruisseau périodique qui provient d'une brève galerie collatérale. Nous y trouvons un bassin stalagmitique rempli d'eau dont les bords forment les gours superposés. La concrétion calcaire a été très intense tout le long des Galeries supérieures et ainsi les murs sont

recouverts d'une épaisse croûte de stalactites. Le lit de ruisseau original est comblé d'argile et nous trouvons des sédiments argileux même sur les murs en pente douce. Au Sommet du Monde les sondages de sol n'ont donné aucun résultat et je n'ai pu récolté que quelques *Dypteres* et *Collemboles* à l'aide d'un piège. Par contre dans la Galerie du détour du puits j'ai pu capturé des *Collemboles*, des *Diptères*, des *Palpigrades* et des cloportes. Cela est d'autant plus étonnant qu'au premier abord cette partie de la grotte semble être si déserte que l'on est tenté de dire qu'il n'y a aucun être vivant à cet endroit. La localisation des animaux à l'intérieur de la grotte nous montre que les cloportes, les *Palpigrades* et les *Coléoptères* - la faune troglobionte - préfèrent les milieux où à part les concrétions calcaires /stalactites et stalagmites/ il y a assez beaucoup de sédiment d'argile relativement sèche /par rapport aux conditions souterraines/. Dans ce biotope complexe /roche-argile-concrétions/ nous trouvons un grand nombre de fentes et toutes ces conditions réunies offrent à la faune troglobionte des conditions de vie favorable.

Les dimensions de la Salle des Titans étant grandes nous y trouvons plusieurs sortes de remplissage. Nous accédons à cette immense salle en descendant la Deuxième échelle. Nous suivons le lit que le ruisseau s'est creusé dans la roche jusqu'au point où il disparaît de nouveau dans un puits pour continuer son chemin vers la Galerie du lit du ruisseau au bas de la Grande coulée stalagmitique. Après le puits nous apercevons l'immense coulée stalagmitique qui descend jusqu'au plus profond de la Salle. A droite de cette coulée nous trouvons une immense fente ornée d'excentriques dont le fond est couvert d'un sédiment détritique peu granoclassé. A cet endroit nous ne trouvons pas d'argile, par contre, au fond de la salle le remplissage est constitué, d'argile et de schiste argileux, et en plusieurs lieux on rencontre d'immenses stalagmites et des coulées stalactitiques. Donc ici aussi nous trouvons en face d'un biotope complexe constitué d'argile,

de roche et de concrétions. A côté de la concrétion nommée Baldaquin, la coulée humide est couverte d'un enduit noir que l'on peut faire disparaître facilement avec l'eau et dont nous ne connaissons pas l'origine. L'analyse microscopique a signalé la présence de germes de cristaux, de nombreuses bactéries et d'une matière noire amorphe. Nous apercevons des couches identiques dans les bassins stalagmitiques qui se trouvent à la base de l'immense coulée sur le sédiment détritique très grossier. Il est intéressant qu'au cours du lavage de guano nous n'avons trouvé que des Collembolés. Au même endroit et aux environs du Puits dentelé les roches friables sont couvertes d'une couche de mondmilch.

Dans la zone centrale de la salle, au lieu de campement le remplissage est également constitué de sédiment détritique. Dans la salle nous trouvons plusieurs bassins périodiques et non-périodiques qui se trouvent en général à la base de grands groupes stalagmitiques. Le Lac et le Puits de soulagement ne dessèchent jamais et ce n'est que dans ce dernier que l'on trouve des détritus. A cet endroit les eaux sont peuplées de crustacés Copepodes, et sur la surface des eaux pullulent des Collembolés. Dans les pièges montés aux endroits relativement secs nous avons récolté un assez grand nombre de Collembolés et de Diptères et un peu moins de Coleoptères. Il est intéressant qu'ici je n'ai jamais pu capturer de cloportes.

Il faut remarquer ici qu'au cours des recherches et des campements souterrains on a déposé dans la grotte une quantité considérable d'ordures. J'ai observé plusieurs fois que les boîtes de conserves rejetées abritaient quantité de larves de mouches.

Dans la partie inférieure dite Lit de ruisseau, celui-ci coule d'abord sur des débris de roches, puis dans un lit creusé dans l'argile. Au bord du ruisseau et sur le plafond peu élevé on trouve des fragments végétaux allochtones. Dans cette partie de la grotte on peut récolter des Copépodes, ainsi que des larves de Nematocères et Chironomida. Il est

intéressant de remarquer que dans cette branche-là on n'a réussi de récolter d'imagos de Diptera, présents d'ailleurs partout dans la grotte, même à l'aide de pièges.

Le remplissage organique comprend aussi les insectes introduits par l'eau et péris dans la grotte. Ceux-ci se rencontrent le long du ruisseau et j'ai récolter plusieurs fois des crustacés Copépodes attachés à ces insectes.

8. La faune de la grotte

Dans cette étude j'ai traité surtout les éléments écologiques de la grotte étant donné que la faune de la grotte a été déjà décrite dans une étude précédente /D. B a j o m i - - Examen faunistique de la grotte Meteor. Opusc. Zool. Budapest, IX. 2, 1969/. Tout de même, j'estime qu'il est nécessaire de reproduire sans commentaires la liste faunistique complète. Sur le tableau ci-après figurent les noms de tous les animaux que nous avons récoltés. Les colonnes 1, 2, 3, 4 indiquent dans quelle catégorie écologique peuvent se classer ces animaux cavernicoles.

- 1: Troglobies
- 2: Troglaphiles
- 3: Hémitroglaphiles
- 4: Troglaxènes

Protozoaires

- Diffugia oblonga* Ehrenberg
- Diffugia globulosa* Dujardin
- Leucophrys* sp.
- Actinosphaerium eichorni* Ehrenberg
- Ceronopsis muscorum* Kahl.
- Oxtricha fallax* Stein
- Cyclidium* sp.

Plathelminthes

- Dendrocoelum* sp.

Némathelminthes

Achromadora ruricola /de Man/
Anatonchus tridentatus /de Man/
Eudorylaimus obtusicaudatus /Bastian/
Monhystera stagnalis Bastian
Monhystera dispar Bastian
Monochus truncatus Bastian
Mylonchulus cavensis /Schneider/
Paractinolaimus macrolaimus /de Man/
Plectus parvus Bastian
Plectus rhizophilus de Man
Prismatolaimus dolichurus de Man
Tripyla papillata Bastian
Tobrilus gracilis /Bastian/
Tylenchus filiformis Bütschli
Wilsonema otophorum /de Man/

Annélides

Octolasion lacteum Örley
Lumbricus rubellus Hoffmeister
Tubifex sp.
Marionia argentea /Michelsen/
Fridericia galba Hoffmeister
Fridericia sp.
Henlea sp.

Mollusques

Cochlodina laminata Montagu
Monachoides rubiginosa A. Schmidt
Aegopinella nitens Michaud
Limax maximus L. /Fig. 3./

Crustacés

Attheyella crassa /G.O. Sars/
Bryocamptus typhlos /Mrázek/
Ceuthonectes serbicus Chapp.
Cyclops sp.

Elaphoidella bajonii Panyi /n. sp. in. litt./
Elaphoidella meteorii Panyi /n. sp. in. litt./
Elaphoidella elaphoides Shapp.
Paracyclops fimbriatus /Fisch./
Paracyclops sp. /copepodit/
Niphargus tatrensis Wrz.

Collemboles

Arrhopalites hungaricus intermedius Loksa
 /n. spp. in. litt./
Folsomia multiseta Stach.
Folsomia antricola Loksa
Hypogastrura cavicola /Börn/
Isotoma notabilis Schäff.
Isotomiella minor Schäff.
Oncopodura crassicornis Schoeb.
Onychiurus tricampatus Gisin
Onychiurus schoenviszkyi Loksa

Coléoptères

Duvalius hungaricus silicensis Csiki
Trechoblemus microps Herbst.
Geotrupes stercorarius March.
Lasteua longelytrata Goeze
Atheta sp.

Lépidoptères

Triphosa dubiata L. /Fig. 4./
Scoliopteryx libatrix L.

Diptères

Sphaeromias /candidus Loew/
Brillia modesta /Mg./
Lymnophyes prolongatus /K./
Prodiamesa olivacea /Mg./
Trissoclaudius /brevipalpis K./
Paratendipes albimanus /Mg./



Fig. 3. Limace (*Limax maximus*)

Photo: D. Bajomi

3. ábra. Nagy meztelen csiga (*Limax maximus*)

Fotó: Bajomi D.

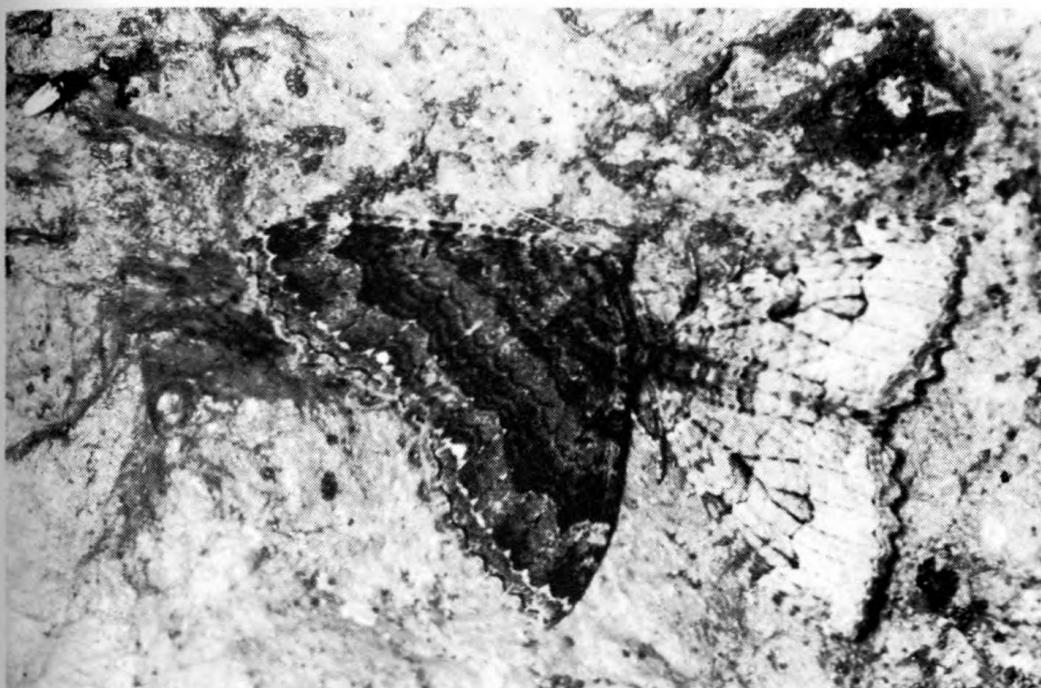


Fig. 4. Une arpeuse sur le mur de la grotte (*Triphosa dubiata*)

Photo: D. Bajomi

4. ábra. Araszoló lepkék (*Triphosa dubiata*) a barlang falán

Fotó: Bajomi D.

Tipulidae /indet./
 Culex pipiens L.
 Culex hortensis Fic.
 Sciara sp.
 Trichocera sp.
 Mycetophilidae /indet./
 Phoridae /indet./
 Helomyzidae /indet./
 Nycteribia sp.

Aranéides

Eukoenenia austriaca vagvoelgyii /Szalay/
 Loksa /n. subsp. in. litt./
 Anoetus sapromyzarum /Dofour/
 Myianoetus dionychus /Oudemans/
 Oppia splendens /C.L. Koch/
 Macrocheles sp.
 Parasitus sp.
 Demaeus sp.
 Pergamasus sp.
 Trombidium sp.
 Porrhoma rosenhaueri /C.L. Koch/

Vertébrés

Bufo bufo L. juv.
 Rhinolophus hipposideros /Bechst./ /Fig.5./

La détermination des espèces a été effectué par M. le professeur Endre Dudich et M. Imre Loksa /Collembolés/, M. István Andrassy /Nématodes/, M. Árpád Berczik /Chironomides/, Mme Ferenc Csutor /Protozoaires/, Mlle. Klára Dózsa - Farkas /Enchytraeidae/, M. Zoltán Kaszab /Coléoptères/, M. Sándor Mahunka /Acariens/, M. Jenő Pónyi /Copépodes/, M. György Topál /Chiroptères/ et M. András Zicsi /Lumbricidae/.

Conclusions

En faisant l'analyse biologique d'une grotte il faut apporter un grand soin à l'analyse écologique de la grotte concernée pour pouvoir mettre en lumière les liens existant entre la faune particulière et le milieu inorganique.

Formée sur un territoire très fortement affecté par les mouvements tectoniques, la grotte Meteor est différente, du point de vue de la structure, des autres grottes du Karst d'Aggtelek, étant donné qu'elle réunit plusieurs types de grottes.

Les éléments climatiques /la température, la teneur en vapeur, la pression atmosphérique/ varient en petite mesure en fonction des différentes zones de la grotte. Tout de même la grotte est caractérisée par une teneur en vapeur élevée: 88-99 % d'humidité relative, et par une température presque constante $+ 7,3 - 12,5^{\circ}\text{C}$.

La température des eaux de la grotte /ruisseau, eaux des bassins stalagmitiques et des fentes de roches/ varie selon la température de l'air. Leur composition chimique est caractérisée par la dominance des ions de Ca^{++} et de HCO_3^- , et par la grande quantité d'ions de NO_3^- par contre la quantité de NH_3 est faible. Ces données signalent l'activité intense des bactéries nitrifiantes. A cause de l'étroitesse de l'entrée la lumière qui détermine en grande mesure la propagation des animaux ne pénètre que dans une zone côtière de la grotte.

Si nous considérons ensemble la structure particulière de la grotte, les remplissages organiques et inorganiques et la localisation des animaux à l'intérieur de la grotte, nous pouvons constater que la zone d'entrée est propice à l'association pariétale /limaces, cloportes, araignées et moustiques/. L'eau du ruisseau qui coule au dessous du Glissoir et dans la Salle d'Éboulis est peuplée de Niphargus



Fig. 5. Chauve-souris suspendue au plafond de la grotte
(*Rhinolophus hipposideros*). Photo: D. Bajomi
5. ábra. Mennyezetről csüngő kispatkós orrú denevér
(*Rhinolophus hipposideros*). Fotó: Bajomi D.

troglobie et de crustacés Copépodes, quant à la Grande Salle, nous y trouvons des *Duvalius*, des Collembolés et des Aranéides. Dans la Galerie du détour du puits on peut récolter des cloportes, des Collembolés, des Diptères et les représentants typiques de la faune troglobie, les Palpigrades. Dans la Salle des Titans ce sont les Diptères et les Collembolés qui sont les plus nombreux, les Coléoptères sont moins fréquents. Les données écologiques de la Galerie du Lit du ruisseau favorisent uniquement la propagation des larves de Chironomides, de Nématocères et des Copépodes.

BIBLIOGRAPHIE

1. BAJOMI, D.: Examen faunistique de la grotte "Meteor".
/Hongrie/ /Biospeleologia Hungarica XXIX./ Opusc. Zool.
Budapest, IX. 2, 1969. p. 235-247.
2. BAJOMI, D.: A barlangi fauna osztályozása.
Karszt- és Barlang 1969. I. p. 29-32.
3. BAJOMI, D.: A Meteor-barlang faunisztikai vizsgálata.
Karszt- és Barlang 1969. II. p. 61-64.
4. BERCZIK, Á.: Chironomidenlarven aus einer nordungarischen Tropfsteinhöhle. /Biospeleologia Hungarica, XXVIII./
Opusc. Zool. Budapest, 8. 1968. p. 347-350.
5. CSOMOR, M. - ZALAVÁRI, L.: Barlangklíma mérések a Baradlában és a Béke-barlangban. Karszt és Barlang, 1964.
II. p. 45-50.
6. DÉNES, Gy.: Az Alsóhegy magyarországi részének geomorfológiai térképezése és hidrológiai vizsgálata. Manuscrit.
1967.
7. DUDICH, E.: Biologie der Aggteleker Tropfsteinhöhle "Baradla" in Ungarn. Wien, 1932. pp. XII. 246.

8. DUDICH, E.: A barlangbiológia és problémái. A Magyar Tud. Akad. Biol. Csop. Közlem. 3, 1959, p. 323-357.
9. GEBHARDT, A.: Az Abaligeti-barlang élővilága. Mat. és Term. Tud. Közlemények, XXXVII. 4. 1934.
10. GEBHARDT, A.: Die Tierwelt der Mánfaer Höhle. Arbeiten ausländischer Zoologen und Palaeontologen, III. 1937.
11. HAZSLINSZKY, T.: Az észak-borsodi Alsóhegy karsztjának néhány hidrográfiai kérdése. Karszt- és Barlang, 1969, II. p.66.
12. JAKUCS, L.: Aggtelek és környéke. - Budapest, 1961. p. 233-236.
13. LOKSA, I.: Vier neue Höhlencollembohlen aus Ungarn. /Biospeleologica Hungarica, XXIII./ Opusc. Zool. Budapest, 6. 1967. p. 289-296.
14. MAUCHA, R.: Az Aggteleki-cseppkőbarlang vizeinek kémiai vizsgálata. Hidrológiai Közlöny, 1930. p. 1-9.
15. VANDEL, A.: Biospeleologie. Paris, 1964. pp. 619.

A METEOR-BARLANG ÖKOLÓGIAI TÉNYEZŐI

BAJOMI D.

Összefoglalás

A Meteor-barlangot 1961. augusztusában tárták fel a Budapesti Vörös Meteor Sport Klub barlangkutatói, innen származik a barlang neve is.

A barlang bejárata az Aggteleki - karsztvidék Alsóhegyének déli oldalában, Bódvaszilas-község határában nyílik 420 m. tengerszint feletti magasságban.

A barlang geológiája

Az Alsóhegy fő tömegét a triász időszakban kialakult világos szürke, vörös-eres wettersteini típusú anisui-ladini mészkő alkotja. A kárpáti orogenezis során Pelsőcardó-Bódvászilas irányában nagy szerkezeti vonal alakult ki, amely egy tektonikailag zavart pikkelyes szerkezetet hozott létre. E szerkezeti zóna mentén képlékeny szeizi homokkő és lilás-vörös agyagpala torlódott fel, ami a barlang egyes szakaszaiban is jól látható. Ezzel a tektonikus zónával összefüggésben alakult ki a Meteor-barlang a nagy szerkezeti hatások és a víz tevékenysége folytán.

A barlang leírása

A barlang szűk bejárata a Kisvizestőbri-viznyelő oldalában, egy félkörben húzódó sziklafal tövében van. Ez a bejáratí szakasz a felfedezés óta sokat változott részben a feltárás, részben az ezt követő suvadások miatt. A bejáratí szűkületeken áthaladva, lefelé közel függőlegesen folytatódik az út, nagy kötömbök között, míg el nem érjük a csordogáló kis patakot. A patak ezután már ferde szálkőhasadéokban, majd még lejjebb egyre táguló cseppköves, törmelékes termeken folyik keresztül. A víz több 10 m-es kürtőn lezúdulva végül is egy hatalmas, tektonikailag preformált terembe, a Titánok-csarnokába jut. A patakviz a terem alatt húzódó újabb szűk és agyagos patakmederben folytatja útját, ma még az ismeretlen felé. A hatalmas cseppkövekkel gazdagon diszitett terem végéből egy másik ág is indul, de sajnos ez sem követhető sokáig az utat elzáró agyagdugó miatt. Ez a jelenlegi végpont 150 m-rel mélyebben van mint a bejárat. A barlang feltárt és felmért hossza a párhuzamos járatokkal együtt közel egy kilométer.

A barlang klimája

Mivel a barlang csak igen szűk járatokon és repedéseken ke-

resztül érintkezik a külvilággal, a felszíni körülmények nem változtatják meg lényegesen a barlang bejáratának klimatikus állapotát. A levegő hőmérséklete - a mérés időpontjában - a táblázat szerint + 7,3 és + 12,5 °C között változott. Átlaga 10,4 °C.

A relatív páratartalom értékek a Meteor-barlangban 88-99 %-os értékek között mozgott. A két mérési sorozat alkalmával a relatív páratartalom átlaga 94,6 %, illetve 96,1 % volt. A mérési eredmények közötti eltérések ellenére ökológiai szempontból jellemző a barlang magas és egyenletes páratartalma.

Jelentősebb légmozgás csak azokon a helyeken tapasztalható, ahol a nagyobb kiterjedésű barlangszakaszok szűkülettel kapcsolódnak egymáshoz.

A barlangon belül a légnyomás a mélység növekedésével fokozatosan nő.

A barlang hidrológiája

A barlang vizei három fő csoportba oszthatók: patak-, cseppkő medencék és kőzetrepedésekben lévő viz. A patak vizének hőmérséklete a bejárat szakszban a külső hőmérsékletnek megfelelően ingadozik, majd a többi vízhez hasonlóan a barlang hőmérsékletének függvényében változik.

A vizek átlag pH értéke 7,72. Kémiai összetételükre jellemző a Ca^{++} és a HCO_3^- ionok dominálása, továbbá az, hogy feltűnően nagy az NO_3^- ion tartalom, míg az NH_3 mennyisége kicsi. Ez utóbbi tények a vízben lévő nitrifikáló baktériumok tevékenységét jelzik.

A fény - fontos ökológiai tényező - a barlang szűk bejárata miatt csak kb. 3 m-ig hatol be. Utána már teljes a sötétség.

A barlang faunája

A barlangban előforduló és meghatározott kilencven állatfaj a faunalistában van feltüntetve. A fajok felsorolása mel-

lett szerepel az állatok ökológiai besorolása is, négy csoportban: /Troglobiontok=barlanglakók, Troglophilek=barlangkedvelők, Hemitroglophilek=barlangjárók, Trogloxének=barlangi vendégek/.

THE ECOLOGIC FACTORS OF THE METEOR-CAVE

by

D. BAJOMI

Summary

The aim of the author was to evaluate the biological conditions of the Meteor-cave discovered in 1961 deciphering the ecologic properties of it.

The geology of the cave is accordingly studied and a detailed description of the setting, structure and filling is given. It is stated that the Meteor-cave was formed within the Wetterstein limestone in a highly tectonized area due to common activity of structural movements and the water. A great amount of limestone debris as well as weathered clay and sandstone was found along abundant dripstones within this cave. Many plant debris washed from the surface was deposited along the entire length of the cave.

After studying the air current, air temperature, vapour content and air pressure, it was determined by the author that the climatological factors within certain parts of the cave were slightly different. Generally a high vapour content is characteristic: rel. moisture is of 88 to 99 percent and a nearly constant air temperature of +7,3 to 12,5 centigrades. Average air temperature is of 10,4 centigrades.

Waters of the cave may be classed into three main groups: creek-water, water in the dripstone basins and fissure-waters.

Chemical composition of the creek-water within the first reach of the cave is varying according to the outer temperature. Later it depends from the temperature of the cave similarly as the other kinds of water. Average pH value is of 7,72. A superiority of calcium and bicarbonate ions are typical. Furthermore, the NO_3^- - ion content is remarkably high while that of the NH_4^+ is low. This is an indication of the activity of the nitrifying bacteria within the water.

The light is an important ecologic factor which penetrates only 3 meters due to the narrow entrance of the cave. Beyond it a complete darkness exists. Afterwards, 90 animal species living within the cave were listed by the author and their ecologic position was also indicated.

EKOLOGIAJ FAKTOROJ DE LA GROTO METEOR

D. BAJOMI

Resumo

La celo de aŭtoro estis ellabori la biologiajn cirkonstancojn de la en 1961 malkovrita groto Meteor, laŭ iliaj ekologiaj faktoroj.

Li analizas laŭ tiu celo la geologion de la groto, kaj detalriĉe li konigas pri ilia strukturo kaj sedimentaro. Li konstatas, ke la groto elformiĝis en tektonike forte ŝarĝita areo, en Wetterstein kalkŝtono, sekve de komuna efiko de grandaj strukturaj movoj kaj de la akvo. En la groto troviĝas multe da rompopecoj de kalkŝtono, argilo kaj dismoliĝaĵo de sabloŝtono, krom la riĉa gutŝtonaro. La rivereto el la surtero konportas kaj laŭ la groto sedimentas ankaŭ multe da plantoruboj.

Analizinte la movon, temperaturon, vapordenson kaj premon de aero la aŭtoro konstatis, ke la klimatoj faktoroj en la malsamaj partoj de la groto iomete diferencas. La granda

vapordenso: 88-99 % kaj la preskau konstanta aerotemperaturo; +7,3 - +12,5 °C estas generale karakterizanta. La meztemperaturo de aero nombras + 10,4 °C.

La akvotipoj de la groto estas enklasigeblaj en tri cefajn grupojn: akvo en la rivereto, stalagmitaj akvujoj kaj brecoj. La kemia enhavo de la akvo en la rivereto lau la surtera temperaturo sangigas en la unua parto de la groto, interne li sangigas simile al la aliaj akvotipoj lau la temperaturo de la groto. Mezvalora pH nombras 7,72. Karakterizanta estas la dominado de la Ca^{++} kaj HCO_3^- jonoj, kaj la rimarkinde granda NO_3^- enhavo, dum la NH_4^+ enhavo estas malgranda. Tiu fakto indikas la agadon de la bakterioj nitrifikataj.

Signifa ekologia faktoro estas la lumo, kiu pro la malvasta enirejo nur c. 3 m-ojn enigis, poste la mallumo estas plene. Post tio ci la aŭtoro denombrias la 90 bestospecojn, vivantajn en la groto, sciiganta ankaŭ pri iliaj ekologiaj tipoj.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ПЕЩЕРЫ МЕТЕОР

Д. БАЙОМИ

РЕЗЮМЕ

Целью автора являлась обработка в свете экологических свойств тех данных, которые были получены относительно биологических условий открытой в 1961 году пещеры Метеор.

Соответственно вышеизложенному автор исследует геологию пещеры и дает подробное описание структуры, строения и заполнения пещеры. Устанавливается при этом, что пещера Метеор сложилась на тектонически сильно нагруженной территории, в ватерштейнском известняке, в результате совместного влияния сильных структурных сдвигов и воды. В пещере, рядом с богатыми сталактитовыми образованиями, было обнаружено большое ко-

личество обломков известняка, осыпи глины и песчаника. Ручей приносит с поверхности и большое количество растительного мусора, который откладывается им по всей длине пещеры.

Исследовав воздушный поток, температуру, влажность и давление воздуха, автор делает заключение о том, что климатические факторы, хотя и в незначительной степени, но отличаются на отдельных участках пещеры друг от друга. Общей характерной чертой является высокая влажность: относительная влажность составляет 88–99 %, а также примерно постоянная температура воздуха, изменяющаяся в пределах $+7,3 - 12,5^{\circ}\text{C}$. Средняя температура воздуха составляет $+10,4^{\circ}\text{C}$.

Воды пещеры могут быть распределены на три основные группы: вода в ручье, вода в сталактитовых бассейнах и вода в трещинах породы. Химический состав воды в ручье на первом участке пещеры колебался в соответствии с изменением внешней температуры. На остальных участках пещеры химический состав воды в ручье изменялся – подобно остальным водам – в зависимости от температуры воздуха в пещере. Среднее значение $\text{pH} = 7,72$. Характерно преобладание Ca^{++} и ионов HCO_3^- , а также и необычно высокое содержание NO_3^- , в то время как содержание NH_4^+ , низко. Этот факт свидетельствует о деятельности имеющихся в воде нитрифицирующих бактерий.

Важным экологическим фактором является свет, который ввиду узости входа в пещеру, проникает на расстояние всего лишь три метра, после чего наступает полная темнота. В заключение автор перечисляет 90 видов живущих в пещере животных, отмечая при этом их экологическую принадлежность.

GEOPHYSICAL INVESTIGATION OF SUBSURFACE CAVITIES AND INHOMOGENITIES

by
A. KÖRMENDI

Introduction

The literature dealing with the detection of caverns and underground cavities from the surface is much more extensive than is assumed by speleologists and geophysicists. Without aiming at completeness more than sixty titles of relevant articles and book sections published during the period from 1950 to 1970 have been collected. Three geophysical methods are mentioned in the articles: electric, gravimetric and seismic methods.

The basis of each geophysical procedure applied is in that the physical parameters of the mass of the rocks under test are different. The research methods are, in general, classified and named on the basis of physical parameters.

Gravimetric method: the tested parameter is the specific weight or density. The density of the air is essentially deviating from that of the rocks; however, the application of this method is greatly limited by two factors as follows:

- 1./ The evaluation of the results obtained from tectonically disturbed areas is uncertain.
- 2./ The measurement is relatively expensive. Essentially, it is suitable only for researching very big cavities.

Seismic method: the tested parameter is the speed of the pressure and shearing waves propagating in the rocks. The

Electric method: a collective term for several methods. One of the possible classifications is given below:

Tested physical parameter	Name of method
Specific resistance	Resistivity measurement
Specific conductivity	PS/SP measurement
Spontaneous polarization	
Polarizing	Induced polarization /IP/

Practically the electric research is the cheapest of all of the geophysical research methods. At the same time, it has proved to be most efficient in researching cavities. Let us consider the following model:

Karstic limestone having a specific resistance from 300 to 3000 ohms.

Filling material:	Resistance:
air	infinite
clay	2 to 20 ohms
water	1 to 300 ohms

Accordingly, the resistance contrast is almost sufficiently great.

Electric research

Selection of an adequate electrode system

Let us consider now two point-like electrodes located on the surface of a horizontal homogenous half-space. Connect them to the positive and negative terminals of a current source. The pattern of potential developing along the straight line interconnecting both electrodes is shown in Fig.1. The potential difference between two points near to each other is big in the ambience of the current electrodes and it is small in the ambience of the bisecting point of the section interconnecting the electrodes /O/. In applied geological research the aim to be achieved with vertical electric sounding is to eliminate near-to-surface disturbing effects. Owing to this,

wavespace is modified only by extensive cavities having sizes not negligible in relation to the wavelength. This method is very expensive.

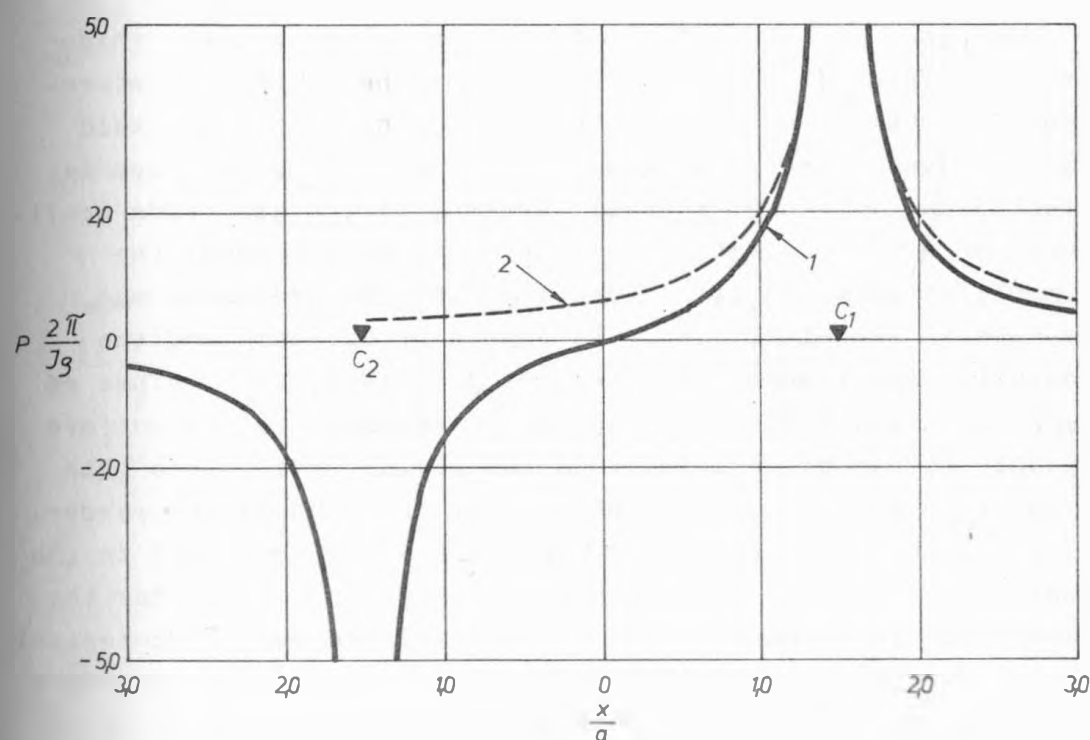


Fig. 1. Behaviour of the electric potential between electrodes located two point-like on the surface of homogeneous half-space. C_1 C_2 : electrodes. 1. the behaviour of the potential in vicinity of C_1 and C_2 . 2. the behaviour of the potential in the vicinity of C_1 when C_2 is in "the infinite"

1. ábra: Homogén féltér felszínén elhelyezett pontszerű áram-elektrodák között kialakuló elektromos potenciál menete. C_1 C_2 : áramelektrodák. 1. a potenciál menete C_1 és C_2 környezetében. 2. a potenciál menete C_1 környezetében, ha C_2 a "végtelenben"

the so-called symmetric S c h l u m b e r g e r arrangement is extensively used /Fig.3./ Expectably, the influence of the intervening obstacles is the greatest at the ambience of the current electrodes over the steep stretch of the potential curve. This expectation is verified by theoretical calculations as shown in the example of Fig. 2.

More than two current electrodes can also be used, this provides facility for the diverting of the current /"Laterolog" arrangement of Fig.3/. The developing potential field can also be tested at several points, by the use of several electrodes. In Fig.3. several versions of the electrode configuration are illustrated. Prior to interpretation of the symbols it is worth of mention that electric research has two great "schools", i.e., the French or European and the so-called American school. According to this, two systems of symbols exist. Although it would be desirable to use uniform symbols within an article, this can not be done, since this innovation would cause confusions for the geophysicist reader.

The symbol of the current electrodes is C /current/ in the American literature and A and B in the European one; for the potential electrodes the American literature uses P /potential/ while the European one does so symbols M and N. The reference point of the measured value is O.

On basis of the potential function of Fig.1. the methods sensitive to near-surface disturbing effects are /Fig.3./:

Symmetric arrangement:	1./ W e n n e r	2./ L e e
Asymmetric " :	6./ "Three point" /half-	W e n n e r

7./ Potential drop ratio
/half - L e e /

Less sensitive methods are:	3./-4./ S c h l u m b e r g e r
	5./ "Two-point"

Very sensitive methods are:	8./ M A N
	9./ 5-electrodes
	/G r a n d i n e t t i/
	10./ 7-electrodes /laterolog/

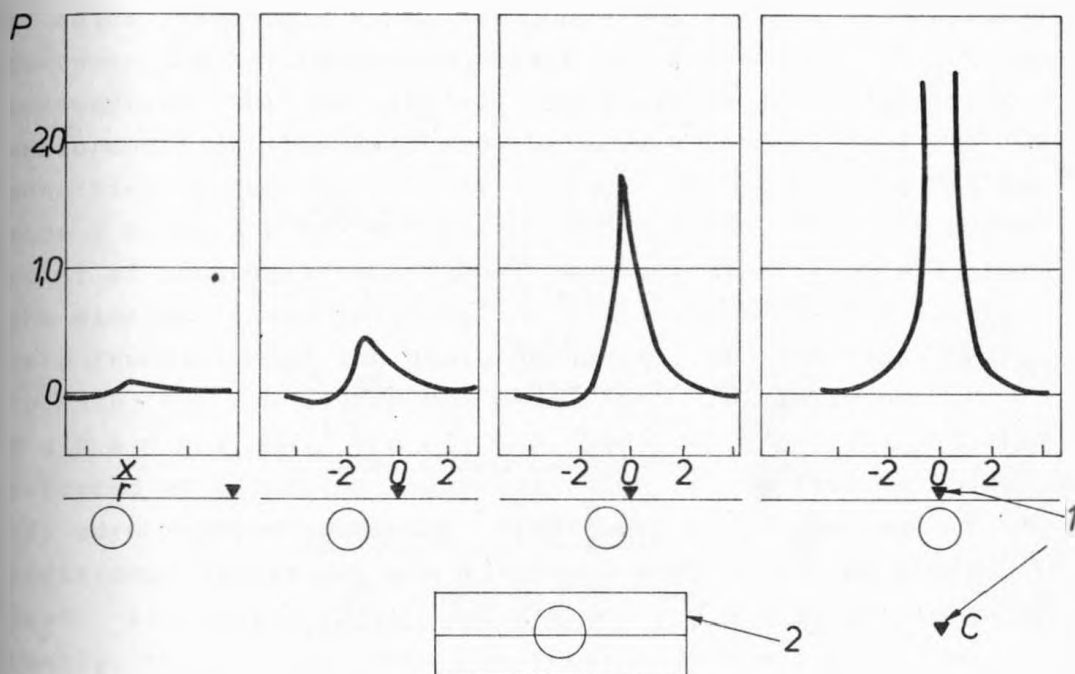


Fig. 2. Behaviour of electric potential near an electrode located in the vicinity of a near-surface sphere of infinite resistivity. 1. electrode. 2. position of the section as viewed from atop.

2. ábra: Felszínközeli végtelen ellenállású gömb környezetében elhelyezett áramelektroda közelében kialakuló elektromos potenciál menete. 1. áramelektroda. 2. a szelvény helyzete felülnézetben.

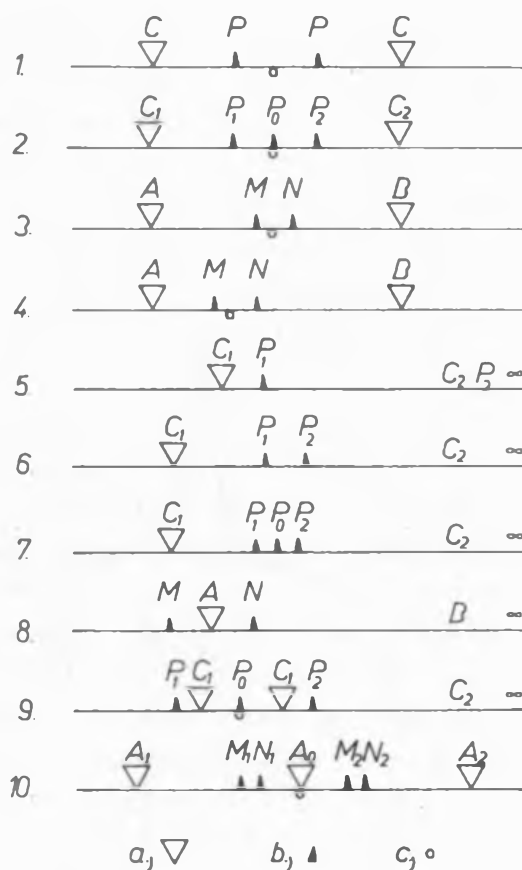


Fig. 3. Electrode arrangements. 1. Wenner, 2. Lee, 3. symmetrical Schlumberger, 4. asymmetrical Schlumberger, 5. so-called 2-point arrangement, 6. potential-drop, 7. potential-drop ratio, 8. MAN, 9. five-electrode arrangement with deviated field /Grandinetti/, 10. "laterolog": with focussed field a. current electrode, b. potential electrode, c. reference point of measured result.

3. ábra: Elektroda elrendezések. 1. Wenner, 2. Lee, 3. szimmetrikus Schlumberger, 4. asszimmetrikus Schlumberger, 5. u.n. 2-pont, 6. potenciálesés, 7. potenciálesés-arány, 8. MAN, 9. ötelektrodás terelt áramterű /Grandinetti/, 10. "laterolog": irányított áramterű a. áramelektroda, b. potenciál elektroda, c. a mért eredmény vonatkozási pontja.

A sequence determined on the basis of theoretical conditions has in itself no full value. Regarding measuring technique viewpoints, preference is given to the methods which requires the moving of a few electrodes only /this is of major importance especially when the surface is hard limestone/ and having simple measuring equipments with low power consumption. The theoretically best resolution 7-electrode measurement is therefore used only very seldom. From the "very sensitive" group remains the 3-electrode MAN and the 5-electrode / G r a n d i n e t t i / arrangement. From the viewpoint of measuring techniques the MAN system is by all means the simplest where potential cavities are indicated by the zero transition of the measured potential function. Owing to this, the MAN system has been chosen initially by B a r a n y i /1/, L a n t o s and Z i m á n y i /5/ who succeeded in obtaining numerous valuable results. In spite of its cumbersome measuring techniques due to the use of two additional electrodes and a current stabilizer, we prefer to have the 5-electrodes / G r a n d i n e t t i / arrangement. Namely, in our experience the results of the 5-electrode measurements can be evaluated much more easily. In the measurements made with the use of the MAN method the sign of the potential difference measurable between points MN has to be taken into account, although only one of the zero transitions /for example, the positive-going transition/ has a physical meaning /cavity/. Unambiguous evaluation represents a difficult task if the measured potential values are scattered near to zero or if their value is in the same order of magnitude as that of the disturbing spontaneous potential. On the other hand, with use of the 5-electrode arrangement two potential values, $V_{po} - V_{p1} = V_1$ and $V_{po} - V_{p2} = V_2$, are measured and the quantities of $R_T = (V_1 + V_2) / J$ and $R_D = (V_1 - V_2) / J$, where J is the current, are deduced in the

process of evaluation; finally, the curves R_T and R_D are plotted against the distance. If minimum or maximum of sum curve R_T and the zero transition of the R_D differential curve fall to the same point, this can be considered as the indication of a cavity filled with conductive /clay/ or insulating /air/ material. /It can be easily understood that the differential curve gives a result similar to the MAN array. / Accordingly, two additional informations are obtainable from the 5-electrode measurements in relation to the mass of rocks as available from a MAN segment. The type of material filling the cavity is characterized by the nature of the extreme value of the sum curve R_T . In principle, facility exists for quantitative determination of the dimensions of the cavity by calculation, similarly to the vertical electric sounding, of master curves for cases of electrode arrangements of different spacing /3/. Unfortunately, this calculation is so expensive that no quantitative evaluation has been made, up to now. A master curve calculated for a special case, adopted from Grandinetti /3/ shown on Fig.4.

Quantitative evaluation of measured data usually is not required in horizontal profiling, however sometimes the field curves coincide well with the calculated ones, as shown in Fig.5.

The Fig.5. can be regarded at the same time as a good example which illustrates that "additional" electrode arrangements give considerable results in prospecting near-surface inhomogeneities in some cases.

The proposed steps in surveying an unknown area are as follows:

- 1./ selection of the electrode array which can be regarded optimal in the given circumstances
- 2./ determination of electrode spacing.

Experimental profiles are the basis of these two steps. Results of profiling made along the same path with different electrode spacings is illustrated in Figs.6. and 7.

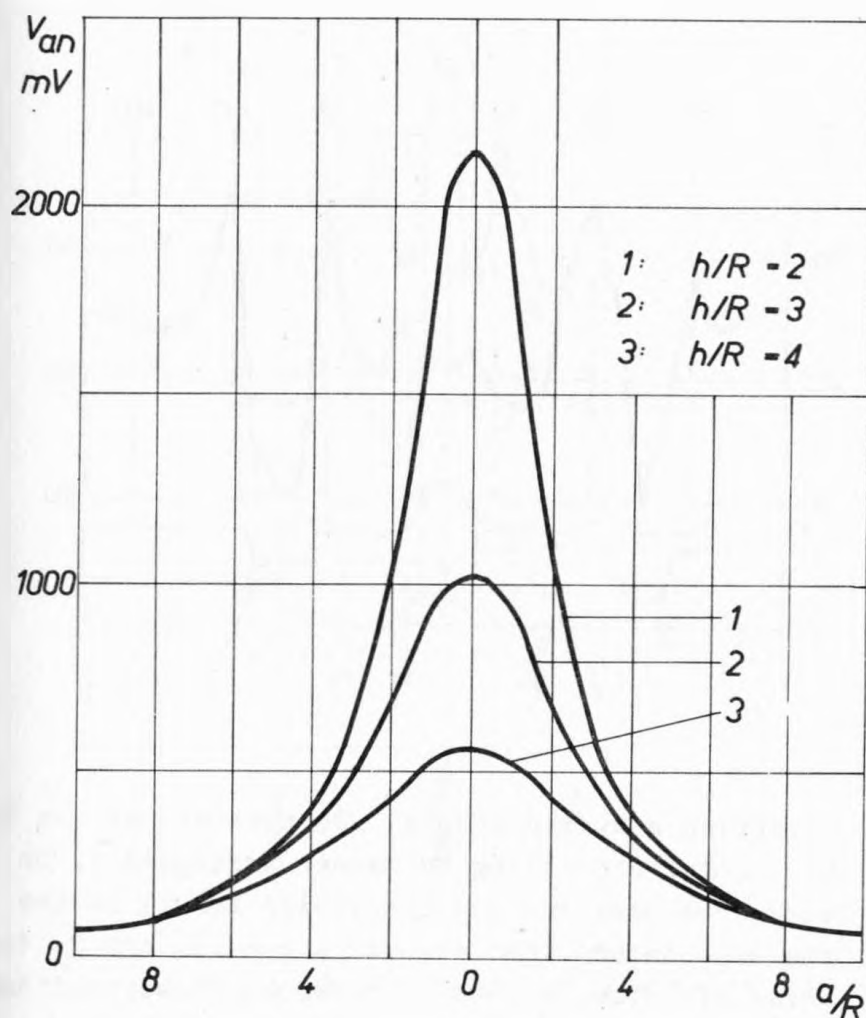


Fig. 4. Calculated master curves in a five-electrode arrangement. The disturbing body is a cylinder, whose radius is R , depth h . a : $aP_0P_1 = P_0P_2$ distance /Fig.3./

4. ábra: Számított mestergörbék 5 elektródás elrendezéshez. A zavarótest henger, amelynek sugara R , mélysége h . a : $aP_0P_1 = P_0P_2$ távolság /3.ábra/.

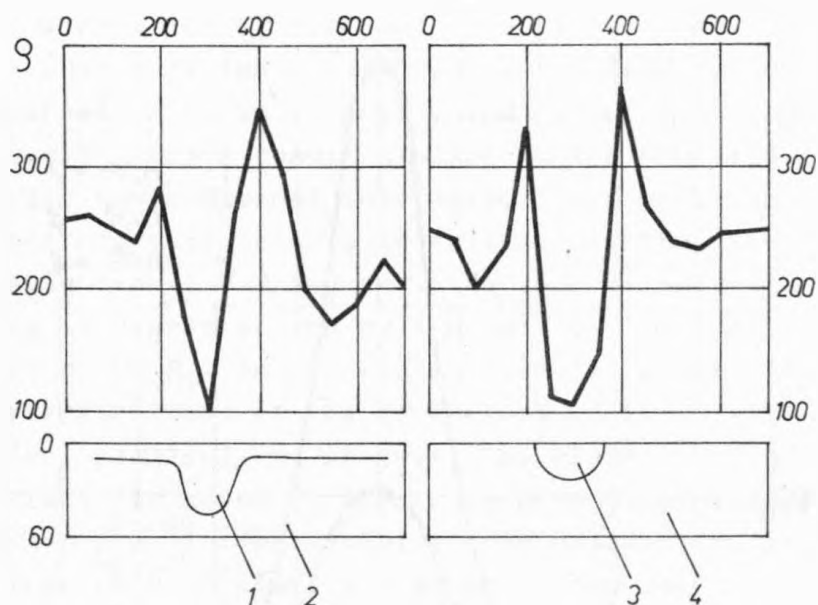


Fig. 5. Detecting a buried channel /by courtesy of Van Nostrand/ Horizontal profiling by Wenner arrangement. On the left side: the measured /on the field/ curve; on the right: the calculated /theoretical/ curve. 1. and 3. filling material: clay, 2. and 4. bedrock: limestone. Resistivity in ohm, distance in feet.

5. ábra: Eltemetett árok kimutatása /Van Nostrand nyomán/. Horizontális szelvényezés Wenner elrendezéssel. Baloldalon a mért /terepi/ görbe, jobboldalon a számított /elméleti/ görbe látható. 1 és 3 kitöltő anyag: agyag, 2. és 4 alapkőzet: mészkő, ρ ohm-ban, távolság láb-ban van megadva.

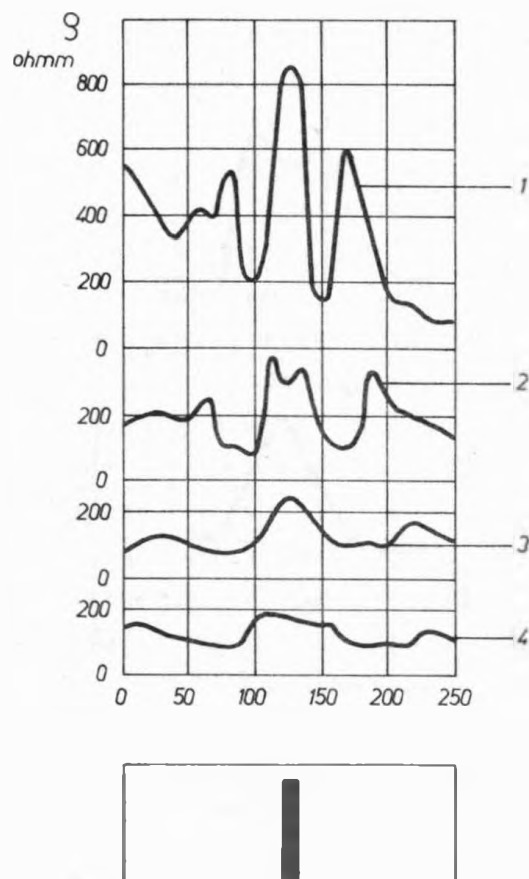


Fig. 6. The importance of the choice of electrode spacing. Results of electric measurements above the Bauerle reef /by courtesy of Van Nostrand./ Horizontal profiling by Wenner arrangement; $P_1P_2 = 1/3$. $C_1C_2 = a$, its constant value: 1. 20 feet, 2. 30 feet, 3. 40 feet, 4. 50 feet.

6. ábra: Az elektródátávolság megválasztásának jelentősége. A Bauerle - reef felett végzett elektromos mérések eredménye. /Van Nostrand nyomán/. Horizontális szelvényezés Wenner elrendezéssel; $P_1P_2 = 1/3$, $C_1C_2 = a$, állandó értéke: 1. 20 láb, 2. 30 láb, 3. 40 láb, 4. 50 láb. q: ohm, távolság: láb.

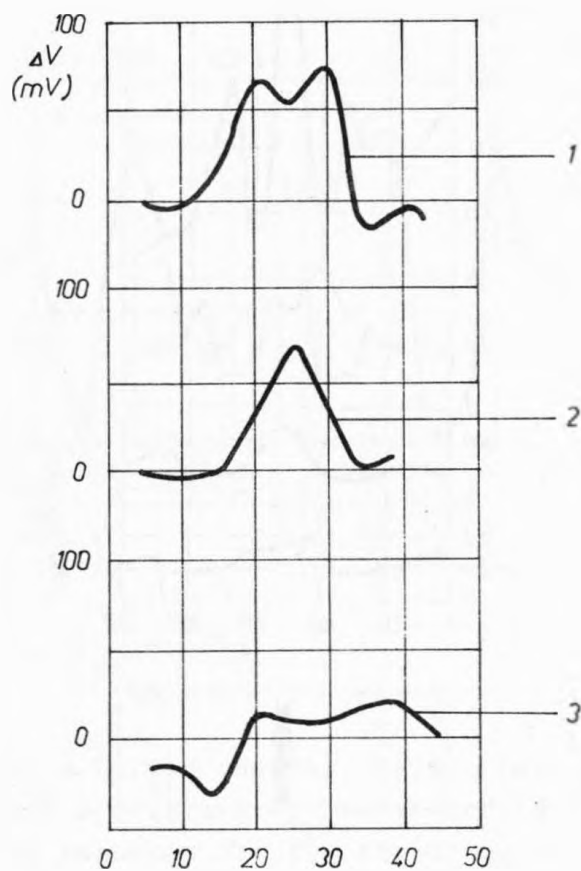


Fig.7. Measurements made with different electrode spacing above the supposed continuation of the Vass Imre cave. Profiling with five-electrode system /Grandinetti/. $P_0P_1 = P_0P_2 =$ a constant 1.2 m, 2. 1 m, 3. 0,5 m.

7. ábra: Különböző elektródatávolságokkal végzett mérések a Vass Imre-barlang feltételezett folytatása felett. Szelvényezés 5 elektródás /Grandinetti/ rendszerrel $P_0P_1 = P_0P_2 =$ az állandó, 1. 2 m, 2. 1 m, 3. 0,5 m.

In the course of the measurements, care has to be paid to accurate measurement of the electrode spacing, especially in the case of the MAN, the 5-electrode and the "laterolog" arrangements. In the case of small electrode spacings, it is expedient to fix the electrodes on a solid rod.

Expenditures of electrical measurements are, in general, proportional to the working time spent, if the measuring equipment is already possessed. Using of equipments facilitating cutting of the measuring time to the possible shortest duration is expedient. Owing to our experience the best time utilization can be realized with use of battery-powered digital multimeters and power supply units operated by a small petrol engine-driven aggregate.

To date, an equipment of this kind is still prohibitively expensive for enthusiastic groups of speleologists. The trend of development of measuring techniques is directed recently toward the introduction of the low-frequency AC instruments. For the MAN and the 5-electrode measurements, however, not only the measurement of the amplitude but that of the phase angle is also required. Recently, no geophysical measuring instrument of this kind is available and since no demand exists for their industrial application, only amateur speleologists are working on the development of such instruments. We hope that success will soon be achieved in turning out highgrade and inexpensive instruments.

Measuring results

1./ Hydrogeological tests for foundation works of Hotel Hilton Budapest

Description of the task. Hotel Hilton Budapest will be constructed on the Castle Hill of Buda in the vicinity of the Virgin Mary /"Matthias"/ Church. One part of the building is supported by steel reinforced concrete pillars built into shafts cut in the fresh-water limestone bedrock under the detritus of the surface. Each pillar base is built into

shafts of 2 to 8 sq.m. area and 3 to 8 m vertical height. In the course of shaftsinking several cavities of varying size filled with clayey detritus debris or air were found. Cavities developed in the vicinity of the bottom of the shafts cause reduction of the loadcarrying capacity of the pillars. The Purchaser has asked for revealing if the dangerous places in conceiving as follows: "On the approximately flat shaft bottom the places have to be pegged out under which cavities of at least 0,5 cu.m. volume can be found within a depth of maximum 2 m counted from the bottom of the shaft. At the assigned points, drillings of 2 m depth will be made to control the measured results. From geophysical point of view, as a first approach, the task can be drafted as follows: Inhomogenities, i.e., well-conducting or insulating obstacles of min. 0,5 cu.m. occuring in a limestone slab of several hundred-ohm specific resistance having a mass of 2x2 m foot area and 2 m thickness, have to be searched for.

No seismic method can come into consideration for detecting cavities in question. In the limestone mentioned earlier the propagation speed of the seismic waves is about 1000 m/s and the wavelength is at least of 10 m. i.e., no modification will be caused in the seismic wavefield by a cavity of 0,5 cu.m. volume. Otherwise, the seismic measurements were greatly disturbed by the noise background of the construction site and the town itself.

On basis of assessed values of the electric specific resistances, an anomaly can be revealed by sensitive measurements with directed current path could be considered since the penetration depth of a four-electrode /for example, Schlumberger/ array is at best only one third of the spacing of the electrodes. Trials were also made with the 7-electrode "laterolog" and the 5-electrode /Grannett/ methods. According to the experimental measurements the resolution of the 5-electrode method is practically equal to that of the 7-electrode method. Since realization

of a 5-electrode method is much more simple, in general this latter was used. The measuring arrangement was described in the former part and now it is amended only with a remark that the electrode spacing was at least 0,2 m and to avoid errors made in the distance measurements, the electrodes were fixed on a solid rod. The measurement was accomplished as usual in the resistivity profiling: straight lines were pegged out on the bottom of the shaft along of which the fixed electrode system was motioned first in parallel to the line then in perpendicular arrangement, to obtain measured values at the wall of the shaft also.

From the measured V_1 and V_2 values, characteristics R_T and R_D were derived and these latter were plotted as the function of the distance. In our case the evaluation meant determination of the place of the inhomogenities from anomalies of curves R_T and R_D . Since the determination of the geometric dimensions and physical parameters of the body were not our task, the knowledge of a few master curve proved to be sufficient. The master curves required were borrowed from the literature /3/ and partially plotted on the basis of model measurements /2/. The technical task had primarily to be solved quickly, therefore no computer-aided evaluation could be taken into account. Model measurements in details are discussed in another paper, therefore, here only a few of the relevant papers will be referred to /2/, /3/, /4/, /6/, /9/. For the model curves it was expedient to choose "a" as electrode arrangement constant. Fig.8. illustrates a curve obtained above an insulation cylinder. Of the terrain measurements two typical profiles are shown in Figs. 9. and 10. /Since no constructional plan drawing number of the pillar bases can be given, arbitrarily introduced numbering is used./ Prior to the measurements, certain holes were filled with water so as to reduce the transition resistance between the electrodes and the soil. It happened that the water was leaking quite quickly or even small water draining hoppers

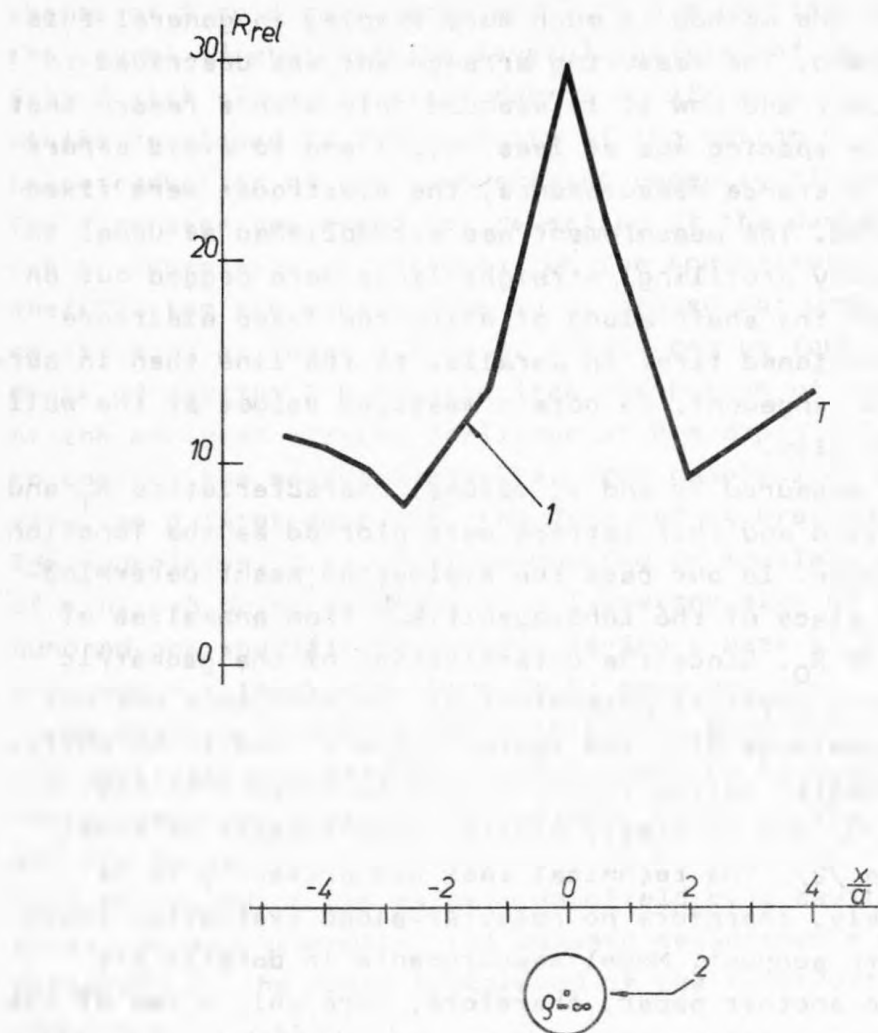


Fig. 8. Model measurement with a 5-electrode arrangement above an insulating cylinder. On the vertical scale the relative values of the measured U/J are indicated /not the so-called apparent specific resistivity/.

8. ábra: Modellmérés 5 elektródás elrendezéssel szigetelő henger felett. A függőleges skálán a mért U/J relatív értékek vannak feltüntetve, nem az un. látszólagos fajlagos ellenállás.

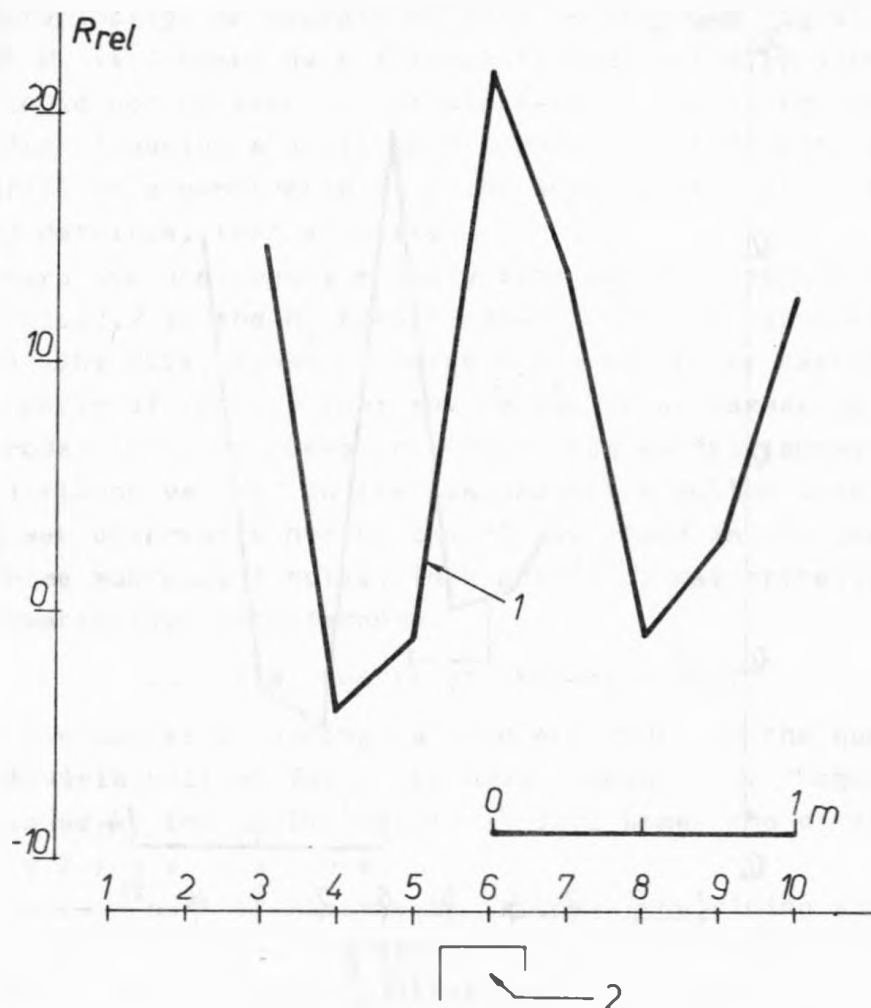


Fig. 9. Field measurement on the construction site of Hotel Hilton. Profiling with a fiveelectrode system. 1. measured curve, on the vertical scale R_T relative: $/ V_1 + V_2 /$ 2. inhomogeneity /cavity/

9. ábra: Terepmérés a Hotel Hilton építési területén. Szelvényezés 5 elektródás elrendezéssel. 1. mért görbe, a függőleges skálán R_T relativ $/ V_1 + V_2 /$ 2. inhomogenitás /üreg/.

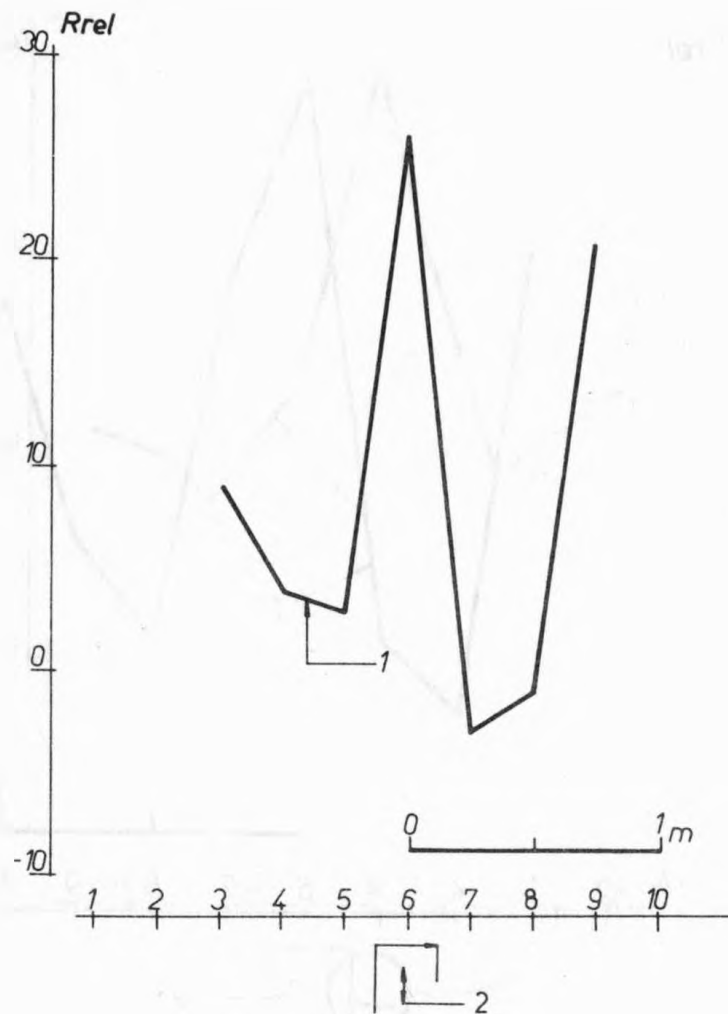


Fig. 10. Field measurement on the construction site of Hotel Hilton. Profiling with a fiveelectrode system. 1. measured curve, on the vertical scale R_T relative: $\sqrt{V_1 + V_2} / J$ 2. inhomogeneity /cavity/

10. ábra: Terepmérés a Hotel Hilton építési területén. Szelvényezés 5 elektródás elrendezéssel. 1. mért görbe, a függőleges skálán R_T relatív $\sqrt{V + V_2} / J$ 2. inhomogenitás /üreg/.

were developing. An example of this is shown in Fig.11. Trench H_3 is crossed by a fissure filled partially with clay. This could not be seen on the planated bottom of the shaft but after flooding a small water drainage has developed and the drill-hole penetrated into the anomaly zone first traversed detritus, then a cavity.

A sharp and unambiguous anomaly zone was obtained in trench H_4 . /Fig.12./ In the H_1 trench shown in Fig.13. several anomalies like dots, zones or large surfaces can be marked out. It is worth of mention that in the course of hammering of the electrodes into the rocks on a disturbed surface appearing with striking values in the measurement a hollow cavernous sound was observable but no cavity was found in the course of the three subsequent holes. This phenomena was probably due to a nearsurface interference.

2./ Tata, Quarry pit Kálvária Hill

In the course of mining, a cave was found in the quarry pit Kálvária Hill at Tata..The cave, named later "Megalodus" was mapped by the speleologists of Tata under the direction of G y ö r g y V a j n a.

A certain part of the cavity is under the mining and hauling area and it was to be feared that, when loaded by heavy trucks, it would break in. Therefore the surveying of the area was scheduled by the Municipal Council of the town running the mine . For economical reasons, no measurements, but a few trial ones were made with the aim of determining the ensitivity of our measuring methods by measurements performed above known cavities. /This measurement preceded the foundation research made for Hilton/.

Three profiles were pegged out in the area on basis of the map. Two of them were above the known cavern part and one was above the assumed continuation of the same. In the profiles tested, a passage of approximately 1x1,5 m size can be found in the solid limestone an a depth of about 10 metres. In the course of research work the 5-electrode method was used. The

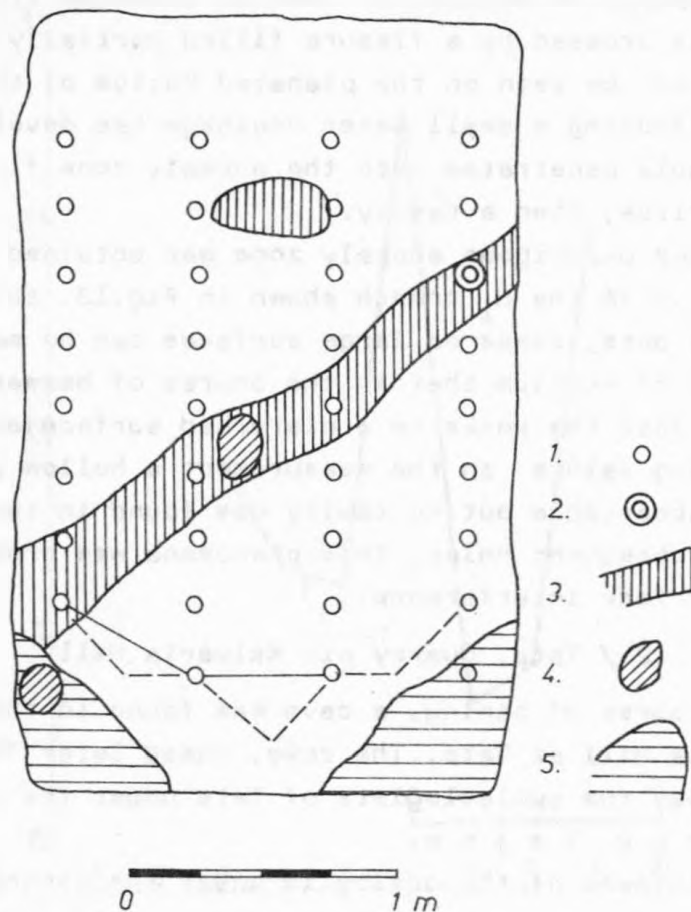


Fig. 11. Anomaly zone detected by five-electrode profiling in work pit H3 of Hotel Hilton 1. site of measurement, 2. borehole, 3. electric anomaly area, 4. sinking hole, 5. uneven surface. The drill intersected some detritus and discovered a cavity.

11. ábra: 5 elektródás szelvényezések eredménye a Hotel Hilton H3 munkagödrében. 1. mérés helye, 2. fúrás, 3. elektromos anomália területe, 4. víznyelő, 5. egyenetlen felszín /párkány/. A fúrás törmelékben haladt, majd üreget talált.

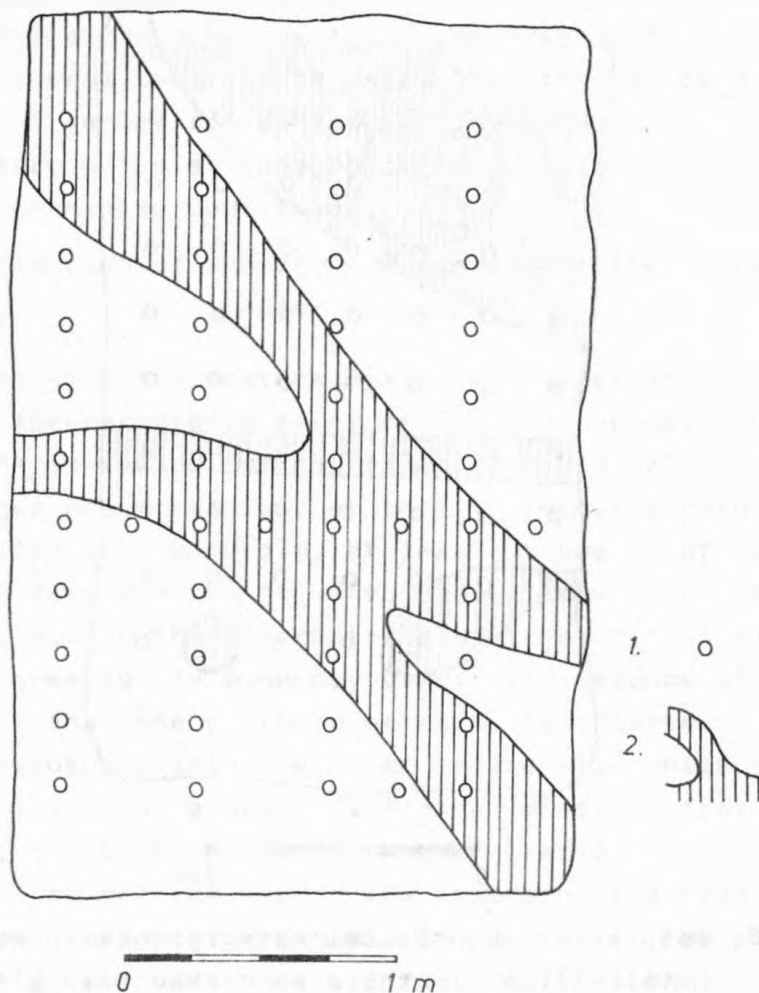


Fig. 12. Anomaly zone detected by 5-electrode profiling in work pit H4 of Hotel Hilton. The anomaly seems to be due to a fissured filled with material. 1. site of measurement, 2. anomaly zone.

12. ábra: 5 elektródás szelvényezések alapján kijelölt anomaliasáv a Hotel Hilton H4. munkagödrében. Az anomália valószínűleg agyaggal kitöltött repedéstől ered. 1. mérés helye, 2. anomaliasáv.

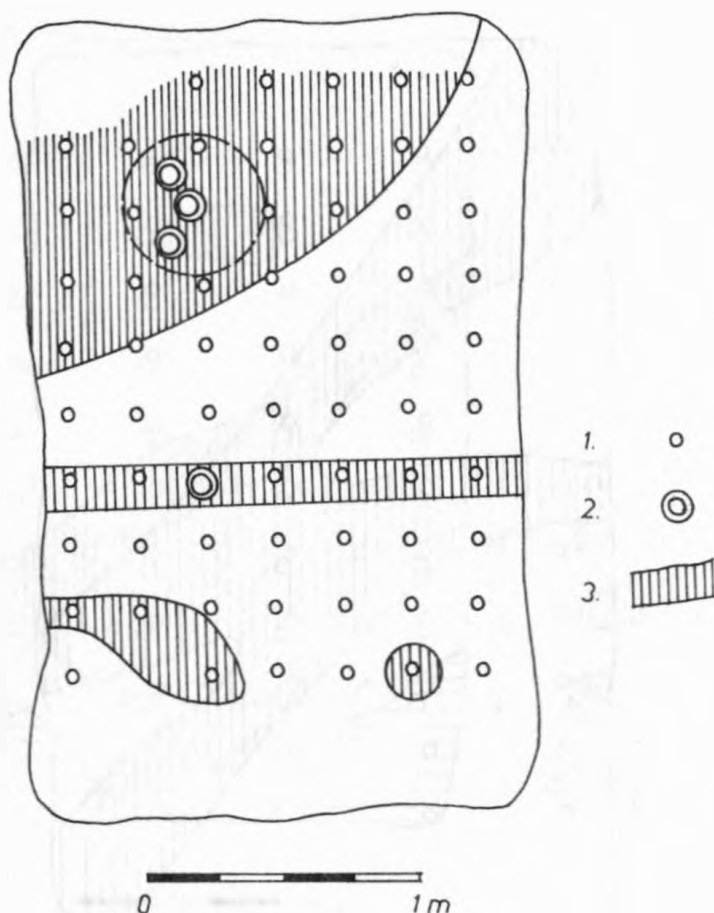


Fig. 13. Results of geophysical measurements in work pit H1 of Hotel Hilton. In the area marked with a circle in the upper part of the figure the limestone sounded empty when the electrodes were driven in, but no large cavity was found by any of the three drills. The drill-hole in the middle zone found a cavity /fissure?/ at about 1.1 m depth.

13. ábra: Geofizikai mérések eredménye a Hotel Hilton H1. munkagödörében. A felső szakaszon szaggatott körrel jelölt területen az elektródák bevezetésekor a mészkő üregesen kongott, a három fúrás azonban nagyméretű üreget nem talált. A középső sávban lemélyített fúrás kb. 1.1 m-ben üreget /repedést?/ talált.

measured R_T profiles are shown in Fig.14. Above the cavity, a maxima appear above other parts of the area also, i.e. the presence of several cavities is possible which can be assumed on the basis of geological consideration, too.

In the quarry pit electromagnetic measurements to be discussed later were also undertaken.

3./ Investigation of underground passages filled with water or clay.

In high-resistance limestone, galleries filled at least partially by low-resistance water or clay can be well investigated by the so-called "method of stuffed bodies", provided if the passages are accessible at certain recovery points such as a spring or a borehole, at least at one point. /In the Hungarian language the "stuffed bodies" may sound as a kitchen term, but in the international literature the *mise à la masse* expression is commonly used/. The essence of the measurement is that one of the electrodes is inserted, through the exposure, into the water or the clay while the other one is placed at a great "infinite" distance from the former. Then, the potential or potential gradient pattern developing on the surface around the immersing electrode is examined. Owing to the great insulation effect of the limestone layer, high electric power is required /1-2 kW/.

The segments shown in Fig.15 are adopted from the literature /10/, /11/. In the course of the measurement a water-flow running in limestone at a depth of about 60 metres was mapped. The track of the waterflow is indicated by zero transitions of the potential gradients.

4./ Research on disturbing bodies by Schlumberger arrangement

The measurements described thus far have each something disadvantageous as far as measuring techniques are concerned. This originates from the "special" nature of the measurement

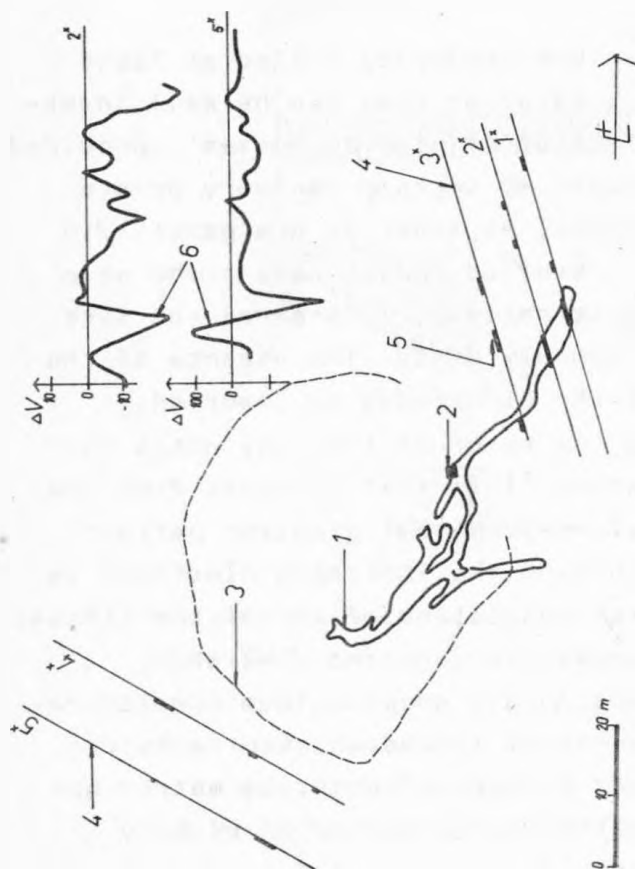


Fig. 14. Five-electrode profilings in the quarry on Tata's Kálvária Hill. 1. Outline of Megalodus cave as projected to the surface. 2. Entrance to the cave. 3. Boundary of the working area at the time of the measurement. 4. Tracks of profile lines. 5. Location of anomaly. 6. R_T curves of profiles 2 and 5. 1^{*} - 5^{*} number of profiles.

14. ábra: 5 elektródás szelvényezések a tatai Kálvária hegyi kőfejtőben. 1. Megalodus-barlang körvonala a felszínre vetítve. 2. A barlang bejárata. 3. A művelési terület határa a mérés idején. 4. A szelvények nyomvonala. 5. Anomália helye. 6. A 2^{*} és 5^{*} szelvény R_T görbéi 1^{*} - 5^{*} szelvények száma.

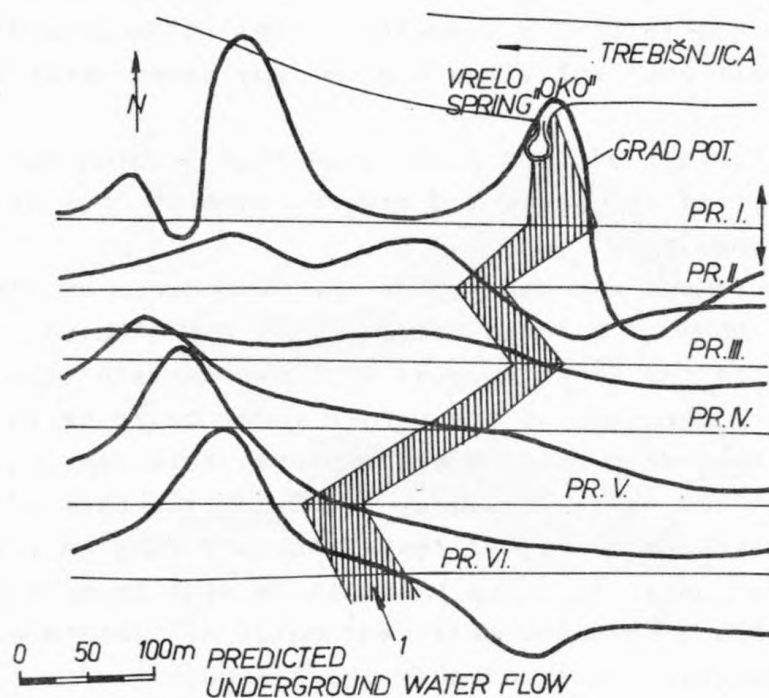


Fig. 15. Detecting underground watercourses by the *mise à la masse* method, after Piscic and Arandjelovic. Depth of water-filled channel in karsted limestone: 60-80 m. The borehole located on the basis of the measurement has hit the passage. 1. track of underground watercourse as delineated on the basis of the zero transitions of potential gradient curves.

15. ábra: Földalatti vízfolyás kimutatása *mise à la masse* módszerrel Piscic és Arandjelovic nyomán. A karstosodott mészkőben lévő vízzel telített járat mélysége 60-80 m, a mérés alapján telepített fúrás a járatot eltalálta. 1. a földalatti vízfolyás nyomvonala, a potenciálgradiens görbék null-átmenetei alapján kijelölve.

such as necessity for many electrodes or the high power consumption. On the following example, it is to be demonstrated that the traditional solutions are in many cases sensitive enough.

The only blemish of this example is that it does not belong to the subject of the karst and cavern research, but it does belong to archeology.

This measurement was made above the fundamentals of one of the corner towers of a Roman camp site at Almásfüzitő. The construction of the Roman camp sites shows certain similarity, therefore, the location of the corner tower could be roughly pegged out. Regarding geophysical aspects, this measurement is similar to the cavity research involving the task of revealing depositions of higher resistance occurring in relatively homogeneous soil. Since the soil is argillaceous and the wall, i.e., a "moulded wall" was built of limestone, the resistance contrast is expectably great enough.

Trials were made with the unbalanced Sch l u m - b e r g e r arrangement; with use of this method current electrodes A and B are left fixed along a measuring segment while potential electrodes M and N are motioned along the section interconnecting A and B. This way, the accomplishing of the measurement is uncomparably simpler than that of a 5-electrode measurement. No segments were constructed from the apparent specific resistances obtained, but they were plotted in a map-like manner. On the basis of the measurements the fundamental walls can be drawn in surprising by full detail /Fig.16./.

Electromagnetic research

The surface electromagnetic research is primarily an ore prospecting method, it is rarely used for other areas. Only a few of the cavity applications of this method to cavities are known. Hereinafter, two examples of this kind will be described.

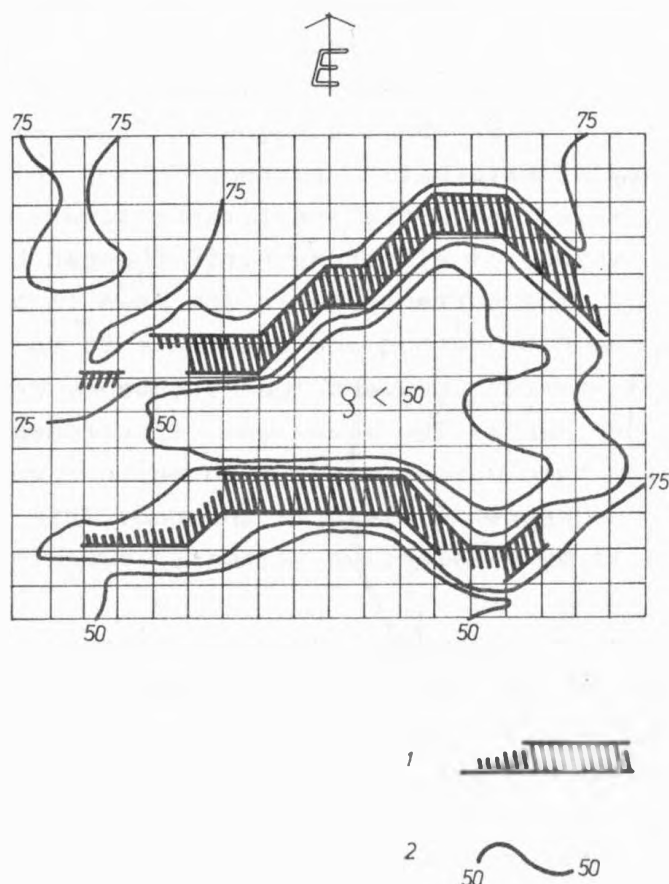


Fig. 16. Detail of the mapping carried out by the asymmetrical Schlumberger method at the location of the NE corner tower of the Roman campsite at Almásfüzitő, Hungary /1 m spacing/. 1. location of wall, apparent specific resistivity more than 100 ohms. 2. isoohm lines

16. ábra: Részlet az almásfüzitői római tábor ÉK-i saroktoronyának a helyén asszimmetrikus Schlumberger eljárással végzett térképezésről. Mérés helye: a hálózat minden négyzetének sarokpontja /1x1 m-es hálózat/. 1. fal helye, a látszólagos fajlagos ellenállás nagyobb 100 ohm-nál. 2. izoohm vonalak.

As mentioned in discussion of the *mise à la masse* /charged bodies/ method, due to the shielding effect of the high-resistance limestone, the measurement requires a high-power D.C. generator. On the other hand, a magnetic field excited by a conductor carrying alternating current is not influenced by the shielding effect of a high-resistance cover. Making a trial with a "method of electromagnetic charged bodies" seems to be expedient. The current electrodes have to be arranged similarly to the D.C. method and they have to be connected to a generator of several thousand cps. frequency having an output power of 4-5 watts. The potential electrodes are replaced by a high turn number winding in which a voltage proportional to the magnetic field is induced. This voltage can be measured well by a selective voltmeter even in the case of microvolts.

Above a conductor embedded into an isotrop and homogenous half space, a field strength maximum is expectable. According to experience, however, the maximum is not above the conductor, as the waves are polarized /7/. At the time when the caverns on Kálvária Hill at Tata were investigated, no water was present, therefore a material of good electric conductivity was artificially introduced into the cave gallery in form of a copper wire. The measured vertical field strength profiles are illustrated in Fig.17. The results coincide with M u n c k' s experience /7/, i.e., the maxima are not above the wire.

The electromagnetic waves can be transmitted not only from a line but from a point-like source also. For determination of the place of known cavities from the surface the following method is quick enough and provides sufficient accuracy at the same time; let us allocate in the cavern a horizontal winding of high turn number, excite it from a generator of a few kcps frequency and test the field of the magnetic dipole established in this way, from the surface. The vertical field component indicates a maximum while the horizontal one shows a minimum above the dipole. The minimum can be detected with

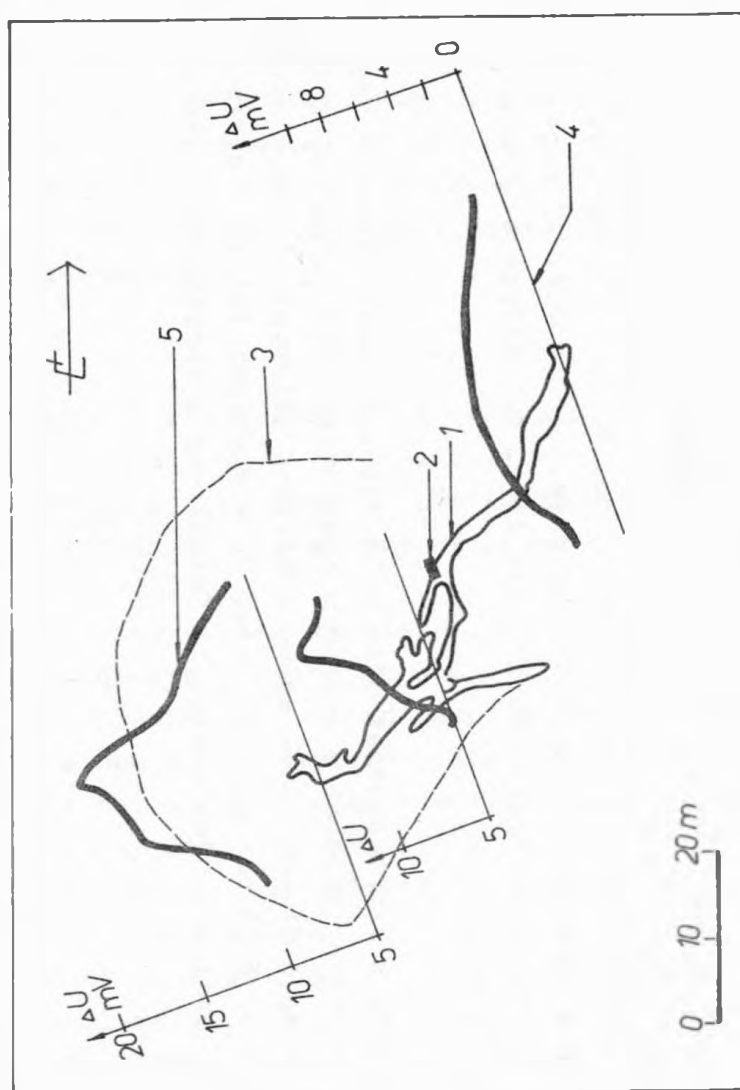


Fig. 17. - 17. ábra

Fig. 17. Experimental electromagnetic mise à la masse in the quarry of Tata's Kálvária Hill. Measured H_z value written above the profile line. The maxima of field strength do not coincide with the location of the cave. 1. Outline of Megalodus cave. 2. Entrance to the cave. 3. Boundary of working area at the time of the measurement. 4. Profile line. 5. Voltage at the output of the measuring coil.

17. ábra: Kísérleti elektromágneses mise à la masse a tatai Kálvária-hegyi kőfejtőben. A mért H_z értékek a szelvény nyomvonala fölé rajzolva. A térerősség maximum értékei nem esnek egybe a barlang helyével. 1. Megalodus-barlang körvonala, 2. A barlang bejárata. 3. A művelési terület határa a mérés idején. 4. Szelvény nyomvonala. 5. Feszültség a mérőtekerce kimenetelén.

greater accuracy than a maximum, therefore it is expedient to detect the former. The measuring accuracy depends on the density of the measuring network. The minimum can be marked out with an accuracy of ± 20 cm. In Figs. 18 and 19 the results of measurements carried out above the cavern of Kálvária Hill of Tata are shown. The isolines of the field strengths deviate unexpectedly, from the circular shape and the polarization of the electromagnetic waves is striking. The direction of the anomalies is probably in relation with the structural directions but for a reliable revealing of this, further examinations are required.

Summary

On basis of the author's own results and examples taken from the literature, it can be stated definitely that geophysics can give much help in the surface exploration of cavities and in quick mapping of known cavities from the surface.

Owing to their high sensitivity and relative inexpensiveness, in general, using of one of the electric methods proves to be expedient. Good results are expectable from the use of the new protonmagnetometers having a resolution of 0,1-0,5 gamma, which are successfully applied for the research on Etruscan crypts. The results of measurements obtained by use of gravimetric and seismic methods are often poor as compared to the expenses involved.

In the case of an electric segmentation the greatest problem is involved in finding the optimal electrode arrangement and spacing. High resolution and cheap technical realization are often contradictory requirements. In our opinion, application of the 5-electrode arrangement offered the best compromise.

Today no answer can be given as to the practical limit of the sensitivity of the different methods, i.e., the detectable depth of a cavity of given size. When planning the

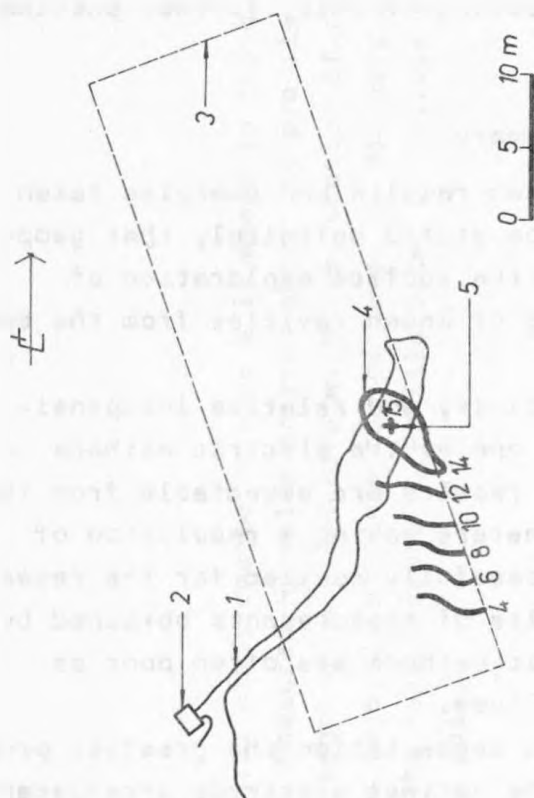


Fig. 18. Experimental electromagnetic measurement of the magnetic field, H_2 component, of the alternating current coil placed in the cave. 1. Outline of Megalodus cave. 2. Entrance to the cave. 3. Area of geophysical measurements. 4. Isolines of the measured voltage.

18. ábra: Kísérleti elektromágneses mérés a barlangban elhelyezett, váltakozóárammal átjárt tekercs mágneses terének vizsgálatára, H_2 komponens. 1. Megalódus-barlang körvonala. 2. A barlang bejárata. 3. A geofizikai mérések területe. 4. A mért feszültség izovonalai.

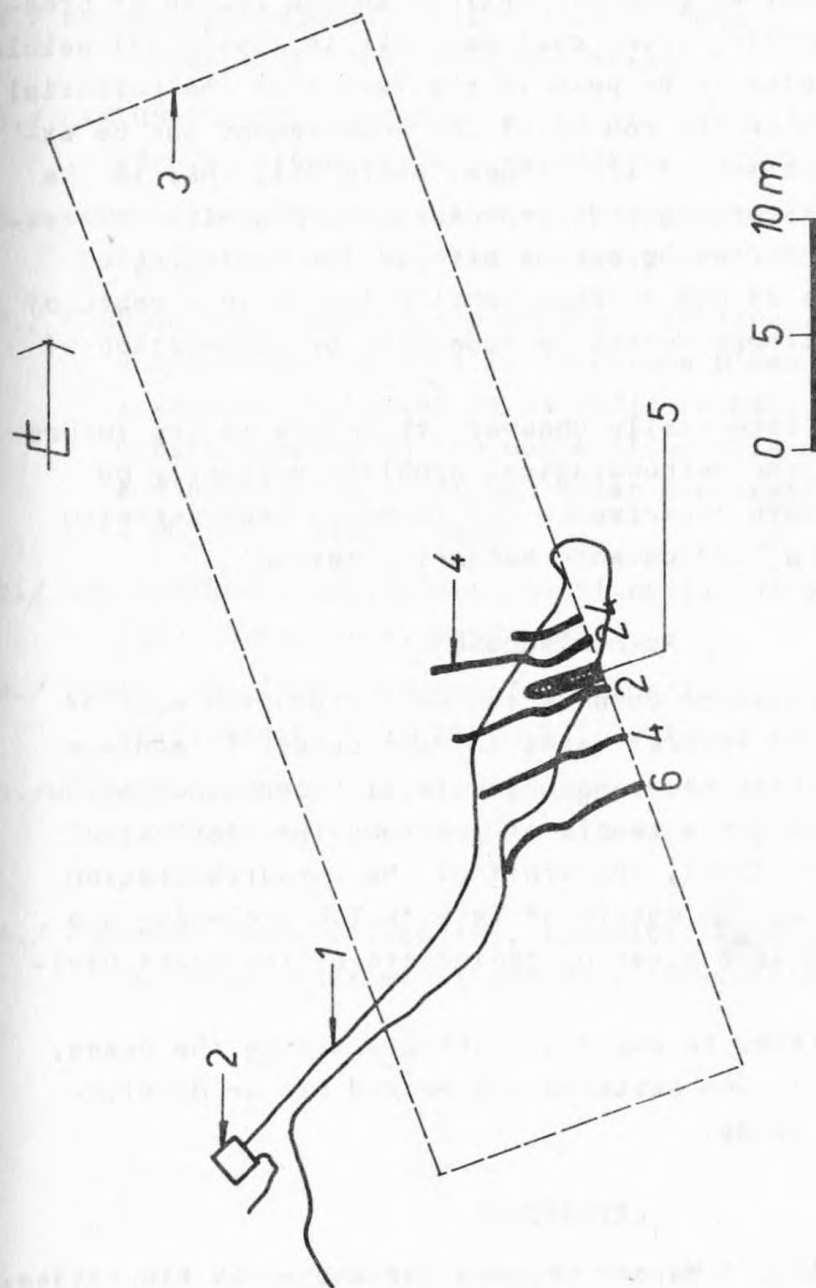


Fig. 19. Experimental measurement as in Fig. 18, the only difference being the H_x component

19. ábra: Kísérleti mérés, mint a 18. ábrán, eltérés: H_x komponens.

measurements, the geological conditions and homogeneity of the rock have to be taken into account. Revealing of cellars cut into tuff, or that of gangways drifted in the course of prospecting or exploiting brown coal deposits is mostly unfeasible.

Regard has also to be paid to the fact that the potential field developing in the course of the measurement can be expressed by a function of $1/r^n$ shape, where $n-1$, that is the effect of the disturbing body decreases sharply with increasing depth. No undertaking can be offered for exposing of unknown passages of 2x2 m cross section laying in a depth of 80-100 metres without versatile modelling or calculation of master curves.

Modelling is essentially cheaper, therefore in the future we should clear the methodological problems primarily by means of laboratory experiments and commence experimenting with developing a lowfrequency measuring method.

Acknowledgement

Geophysical research demands the well organized work of several people, of several teams in many cases. To achieve the results outlined above has been facilitated by an enthusiastic work done for a couple of years by the geophysical working group of VITUKI, the staff of the research station of Jósvald, the speleologists of Tata fellow archeologists as well as by advices given by geologists of the karst division.

The author wishes to express, without listing the names, his thanks to all who assisted and helped him in developing the present study.

LITERATURE

- 1./ BARANYI-RÓNAKI: A Mecsek hegység barlangjainak kimutatása.. Karszt- és Barlangkutatás VII. köt. 105. 1973.
- 2./ KUNNÉ, BIRÓ ZS.: Geofizikai modellkísérlet földalatti üregek kimutatásához. Karszt- és Barlangkutatás VIII. köt. 1975.

- 3./ GRANDINETTI: Una nuova disposizione electrodica Boll.
Geofis. Teor... Appl. /Italia/ 1967. Vol. 9. No. 35.
- 4./ KELLER-FRISCHKNECHT: Electrical Methods in Geophysical
Prospecting 1966. Pergamon Press.
- 5./ LANTOS-ZIMÁNYI: Jelentés a jósvafői Vass Imre-barlang
környezetében végzett mérésekről /VITUKI adattár/
- 6./ LANTOS-ZIMÁNYI: Geoelektromos kádmodellezés. Magyar Geo-
fizika Vol. 9. No. 1-2. /1970/.
- 7./ FERNAND MUNC: Quelques exemples d'application geophy-
sique nouvelles dans la recherche d'eau douce en zone
littorale française de la Méditerranée.
Expert Meeting on the Cooperative Role of Hydrogeology
and Geophysics in Ground Water Exploration IAH - IHD
- UNESCO - VITUKI 1969.
- 8./ VAN NOSTRAND: Interpretation of Resistivity Data U.S.
Geol. Surv. Prof. Paper 499.
- 9./ GUPTA, JHA, SINGH: Model Tank Experiments... Pure and
Appl. Geoph. Vol. 85. N.2. /1971/.
- 10./ D. ARANDELOVIĆ: Geofizika u gradevinarstvu Vesnik Zavoda
za Geoloska i Geofizicka Istraživ. Series C. No 10-11.
/1969/.
- 11./ PJIŠČIĆ, Geozavod Beograd, személyes közlések a "mise à
la masse" módszerrel szerzett tapasztalatokról.

FELSZINALATTI ÜREGEK, INHOMOGENITÁSOK VIZSGÁLATA
GEOFIZIKAI MÓDSZEREKKEL

KÜRMENDI A.

Összefoglalás

Levegővel, vízzel, agyaggal kitöltött üregek, tágabb értelemben zavaró testek, inhomogenitások ismerete fontos barlangászok, geológusok, építészek, régészek, stb. számára. Az üreget kitöltő anyag valamelyik fizikai paramétere általában eltér a kőzetétől; ez felveti annak lehetőségét, hogy a fizikai paraméterek valamely síkbeli - többnyire felszíni - eloszlásának ismeretében az üreg helye, esetleg méretei meghatározhatók.

A tágabb értelemben vett fizikai mérések közül néhány geofizikai módszer kipróbálása ésszerű. A feladat eltér a szokásos geofizikai feladatoktól, ahol általában a felszinközeli inhomogenitások zavaró hatását igyekeznek kiküszöbölni. Viszonylag alacsony költségei miatt elősorban elektromos módszerekkel kísérleteztünk. A leírt kísérleteket eleinte csak amatőr módon, baráti segítséggel és segítségként végeztük, az így kapott kedvező eredményeink alapján vállalhattunk a VITUKI-ban nagyobb megbízásokat.

A kutatás három irányban haladt:

- 1./ Szakirodalmi közlemények összegyűjtése és elemzése,
- 2./ elméleti számítások,
- 3./ kísérleti mérések.

A három fajta próbálkozás eredményeiből próbál a cikk szemléletes összefoglalást adni.

Zavaró testek kutatásakor kiindulásként ismerni kell a földtani, közettani viszonyokat és a feladat geofizikai megfogalmazását. Elektromos méréseknél először is ki kell választani az optimális elektródaelrendezést.

Számítások és mérések egyaránt igazolják, hogy az inhomogenitások zavaró hatása a potenciálgörbe meredek szakaszán,

az áramelektrodák környezetében a legnagyobb, tehát ajánlatos ebben a környezetben mérni. /MAN elrendezés, 3. ábra/. Elméleti megfontolások és furályukban végzett mérésekből legelőnyösebbnek látszik terelt, irányított áramterű rendszer kialakítása, sok elektródával. Gyakorlatilag viszont előnyösnek számít, ha kevés elektródát kell mozgatni. Tapasztalatunk szerint a 3 elektródás, technikailag egyszerű, érzéketlenebb MAN elrendezés és a 7 elektródás irányított áramterű, érzékeny, de technikailag bonyolult elrendezés használata helyett jó kompromisszum az 5 elektródás terelt áramterű /un. G r a n d - i n e t t i/ megoldás /3. ábra/.

Az elektróda elrendezés után legfontosabb az elektródatávolság meghatározása - ez csak kísérleti mérésekkel dönthető el.

Technikai felszerelés szempontjából jelentős, hogy az érzékenyebb és bonyolultabb mérési rendszer több energiát, drágább műszereket igényel. A fejlesztés iránya: az érzékeny és ugyanakkor olcsóbb váltóáramú rendszer kialakítása.

A mérések kiértékelése részben számított mestergörbékkel, részben modellmérésekkel történik. Minden esetben fontos, hogy a mérések alapján feltárásokat, furásokat végezzenek, és az eredményeket így ellenőrizzék.

Az ismertetett mérések között legjelentősebb volt a Hotel Hilton Budapest alapozásánál végzett munka.

Kísérleteket végeztünk elektromágneses módszerekkel, további méréseket tervezünk az un. mise à la masse /töltött testek/ módszerével.

UNTERSUCHUNG VON UNTERIRDISCHEN HOHLRAUMEN,
INHOMOGENITÄTEN MIT GEOPHYSIKALISCHEN METHODEN

von

A. KÖRMENDI

Zusammenfassung

Suche auf unterirdische Hohlräume und Inhomogenitäten im

allgemeinen von der Oberfläche ausgehend ist immer eine spezielle Aufgabe für den Geophysiker.

In manche Fällen sind die bei Prospektionsarbeiten auf mineralische Rohstoffe sowie Erdöl- und Erdgas angewendeten traditionellen Methoden, in anderen Fällen spezielle Verfahren erforderlich. Der Aufsatz befasst sich ausführlich mit dem elektrischen Messungsverfahren, beschreibt die Prinzipien der Auswahl der optimalen Anordnung. An Hand von Beispielen von der Literatur und von den eigenen Erfahrungen der Verfassers werden die methodologischen Feststellungen veranschaulicht, so dass sie sowohl den Fachleuten nicht geophysikalischer Spezialisierung, als auch für die Geophysiker völlig verständlich sind.

ESPLORO DE SUBTERAJ KAVERNOJ KAJ MALHOMOGENAĴOJ PER GEOFIZIKAJ METODOJ

A. KÖRMENDI

Resumo

La surtera esploro de subteraj kavernoj, ĝenerale malhomogenaj ĉiam estas speciala tasko por la geofizikistoj. Kelkfoje estas akcepteblaj la tradiciaj metodoj de la mineralo - kaj petrolo - esploro, aliffoje oni bezonas specialajn metodojn. La traktato detale pritraktas la elektran metodon, konigas pri la principojn de la elekto de la optimala ordo; elliteraturaj kaj propraj mezuraj ekzemploj vidigas la metodologiajn konstataĵojn egale kompreneble por la ne-geofikaj fakuloj kaj la geofizikistoj.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ПУСТОТ И НЕОДНОРОДНОСТЕЙ ГЕОФИЗИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

А. КЕРМЕНДИ

РЕЗЮМЕ

Надземные исследования подземных пустот и вообще неоднородностей всегда представляют собой особую задачу для геофизиков. В отдельных случаях могут перениматься "традиционные" методы, применяемые в поисках минералов и нефти, но в ряде случаев возникает необходимость в применении особых методов. Труд подробно занимается электрическим методом, знакомит читателя с принципами выбора оптимальной установки. Приводимые примеры измерений, как собственные, так и взятые из литературы, придают наглядность методическим определениям, делая их одинаково доступными как для специалистов-геофизиков, так и для специалистов, не имеющих геофизической подготовки.

GEOPHYSICAL MODEL-EXPERIMENT FOR PROSPECTING SUBSURFACE CAVITIES

by
ZS. KUN-BIRÓ

Introduction

The increasing importance of karstic and fractured rocks aquifers is accompanied by an acceleration of the hydrological application of geophysical methods suitable for cavern research all over the world. Recently, the geophysical cavern exploration has been brought into the foreground in the course of a building foundation test performed by the Research Institute of Water Resources Development.

The explorations made in the course of the foundation works for the Budapest Hilton Hotel have shown that in the fresh-water limestone laying near the surface holes filled with very loose deposits or compact clay can be found. For designing of the foundation, revealing of these holes from the surface was required.

Of the applicable geophysical methods a directed field d.c. electrical method has been found suitable to solve the task /1/.

By using this method horizontal profiling was made over the research area and potential distributions along the profiles were determined. The on-spot diagrams obtained from the measurements served as basis for geophysical and hydrogeological interpretations /2/.

The problems of geophysical interpretation

The hydrogeological /soil mechanical/ interpretation forms subject of another paper /2/.

In the case of direct-current researching the field of current is expressed by the L a p l a c e equation taking the spatial distribution of a single physical parameter, i.e., the specific electrical resistance ρ /into account. The geophysical interpretation has the task of determining the ρ distribution from the field curves. A common method in the interpretation - procedure is the curve matching. The measured potential values are compared with master curves, i.e. with the potential distribution computed for well defined distribution of specific resistance. After comparing the master curves to the field curve the distribution matching best to the former is accepted as one possible geophysical interpretation. Derivation of the master curves, actually solution of the L a p l a c e equation with known boundary conditions, may take place by using a computer /e.g. /3/, /4// or by modelling.

In relation to testing of the electric field two kinds of the models are often mentioned in the literature. One of them is an electrolytic tank in which the surface potential distribution can be measured or the resistivity along a profile can be plotted, respectively, by establishing a geometrically proportional model of the field to be tested /5/. The other method employs modelling with a resistor network in which the field section under test is represented by a mesh consisting of fix resistors.

Both models give informations on the apparent specific resistance distribution even in cases when mathematical /computer aided/ solution of the L a p l a c e equation would cause difficulties.

For solution of the practical task, i.e., for preparation of the master curves with regard to the required accuracy, the electrolytic tank model has proven best.

The applied model is a simplified copy of the research area reduced according to the model law /6/.

Modelling of specific resistance of rocks.

The approximately homogeneous, fresh-water limestone has a specific electric resistance of several hundreds ohmcm order of magnitude. The limestone may be transversed by holes and crackings filled with two different materials as far as electric conductivity is concerned. Clay sediments having on the average a specific resistance of 20 ohmcm which, when compared to the several-hundred-ohmcm resistance of the limestone, can be considered a good conductor. An "empty" hole filled with air or very loose sediments can practically be regarded as insulators.

Modelling of holes

In the model limestone is represented by water in the tank, having a specific resistance of 35 ohms. The disturbing bodies /cavities/ may have two different specific resistance order: conductors /metals/ corresponding actually to the clay and insulators /plastics/ representing the holes filled by air. Crackings are modelled by a sheet having material; clay /low specific resistance/ is substituted by a copper sheet while air /high specific resistance/ is represented by a plastic sheet. Occurrence of combined filling of a cavity by two different materials, i.e., when a certain part of a cavity is filled by high-conductivity clay and its other part is filled by a low-conductivity air, was imitated in the model by a plastic sheet coated by a metal on one side. The dissolution cavities are represented by cylinders made of copper, aluminium or plastic according to the resistance of the filling material. The diameter of the cylinders /d/ was of 3 cm, 5 cm and 10 cm and their length /l/ of 10 cm and 50 cm, respectively. The sides of the sheets /l/ were of 50 cm and 30 cm length with thickness /v/ varying between 0,3 cm to 1,2 cm /Fig.1./

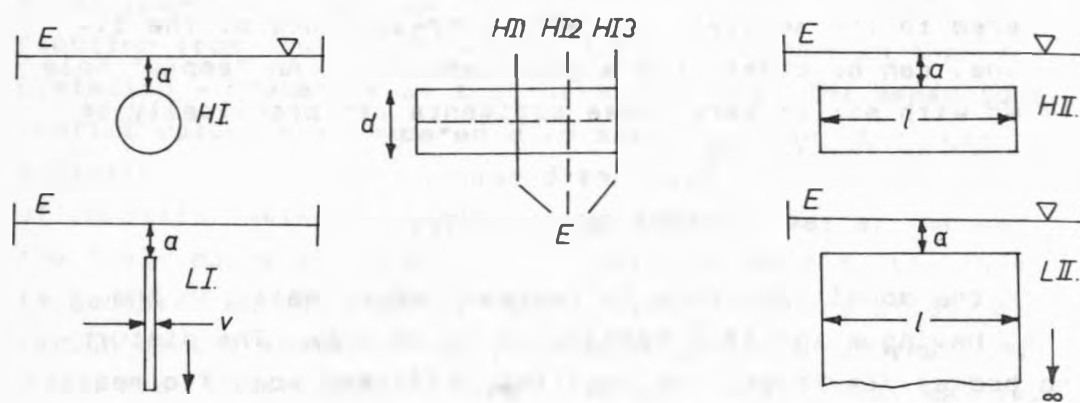


Fig. 1. Accomodation of disturbing objects.

1. ábra: Zavaró testek elhelyezése.

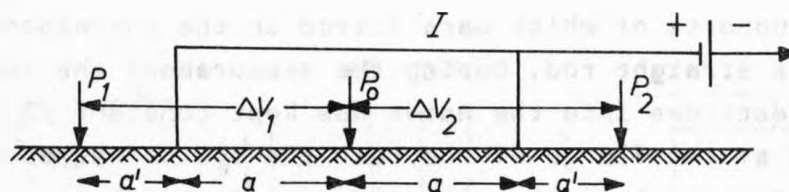
Electrode arrangement

Instead of the symmetric arrangement of MAN or Sch l u m b e r g e r /7/, applied often successfully in revealing of cavities, a five-electrode system /1/ used also in field-work has been found best suitable to the task. The model was prepared with a four-fold reduction. The electrodes were formed by platinum plates of 0,5x1 cm size, the insulator supports of which were fitted in the corresponding holes of a straight rod. During the measurement the immersion of the electrodes into the water was kept constant /2 mm/. Supported at the flange of the bath the system was easily movable so as to keep the electrode spacing unchanged. The flange of the tank and both ends of the rod were equipped with divisions according to the measuring arrangement involved which facilitated the measurements in a great extent.

Three of the five potential electrodes $/P_1, P_0, P_2/$ accommodated on a straightline surround two current electrodes of identical polarity. The opposite-polarity current electrode is accommodated at the edge of the tank theoretically, at an "infinite" distance and owing to the solid connection it can be motioned together with the rod supporting the five electrodes. Electrode arrangement: $P_1 \ 4 \ A_1, \ 6 \ A_2, \ 4 \ P_2$. The figures between the characters of the electrodes represent the spacing in centimetres /Fig.2/.

Measurement on the model

After applying a d.c. voltage of identical polarity and level to electrodes A_1 and A_2 , voltage measurement was effected between points $P_0 \ P_1$ and $P_0 \ P_2$. The value of the natural potential /PS/ was determined for each case, for circuits $P_0 \ P_1$ and $P_0 \ P_2$ alike, and the measured voltage values were



$$a' = 0,618 a$$

Fig. 2. Electrode arrangement of the model.

2. ábra: A modell elektróda elrendezése.

corrected by these. The corrected potential values are marked by ΔV_1 and ΔV_2 .

According to Ohm's law, it can be written for a homogeneous half space in the case of a four-electrode system that:

$$\rho = K \frac{\Delta V}{I} = K \cdot R \quad /1/$$

Accordingly, the specific resistance ρ of a rock is proportional to the quotient of the voltage difference measured between the two potential electrodes ΔV and the current applied through the two current electrodes I . By applying equation /1/ and adding it to the ΔV_1 and ΔV_2 difference:

$$\rho = K' \frac{\Delta V_1 + \Delta V_2}{I} = K' R_T \quad /2/$$

since conforming to the above, the same current I was adjusted for both current electrode pairs. Thus, R_T the so-called sum curve is proportional to the specific resistance in the case of a homogeneous half-space and to the apparent specific resistance if an inhomogeneous half-space is involved. In the case of measurements without any disturbing object, disregarding the effect occurring at the edge of the bath, the value of R_T has to remain constant, within the specified limits. After finding the disturbance-free part of the bath by this method, further measurements were accomplished at this disturbance-free part along a section of maximum 60 centimetres. Curve R_T gives a maximum above a high specific resistance /plastic/ disturbing object while it has a minimum when passing above a low specific resistance /metal/ disturbing object.

The measuring system is similar to MAN's arrangement, thus, similarly to the difference curves involved in that method,

the

$$\Delta R = \frac{\Delta V_1 - \Delta V_2}{I} \quad /3/$$

quantity has also been calculated.

Above a homogeneous environment, in the case of a measurement without any disturbing object, the value of ΔR has to remain zero within the error limits of the measurement, and at the extreme values of the R_T sum curve, it has to display a null-transition /Figs. 3 and 4/.

Section measurement on the model

The disturbing objects, i.e., horizontal-axis cylinder /H/ and a vertical plate /L/, were immersed into the water to a depth of $a = 6,25$ and 40 cm, respectively.

In group I of the measurements the vertical plane crossing the axis /E/ of the electrode system, was perpendicular to the axis of the cylinders and parallel to the plane of the sheet, furthermore, in group I.1. it halved the axis of the cylinder; in group I.2. it divided the axis in a 1:4 ratio, while in group I.3. it incorporated one of the circular plates closing the cylinder. In group II the vertical plane /E/ crossing the axis of the electrode system incorporated the axis of the cylinders and the median plane of the sheets.

To illustrate model measurements, in Fig.3, curves R_T and ΔR measured above a conducting cylinder are shown /measurement group I.1./ and in Fig.4. the same is shown for the case of an insulation cylinder /measurement group I.1/, while Fig.5. represents curves obtained from measurements performed above the edge of the cylinder /measurement group I.1/.

Increasing the depth /a/ of the disturbing object, the values of ΔV decrease rapidly. Testing made on a metallic cylinder revealed decreasing of the signal according to a higher power of the depth. /See Fig.6./ In a depth of $0,8$ m a plastic globe /ball/ of appr. 20 cm diameter filled with air can be recorded only in a very uncertain way.



Fig. 3. Anomaly developed above a conducting cylinder.

3. ábra: Vezető henger felett kialakult anomália.

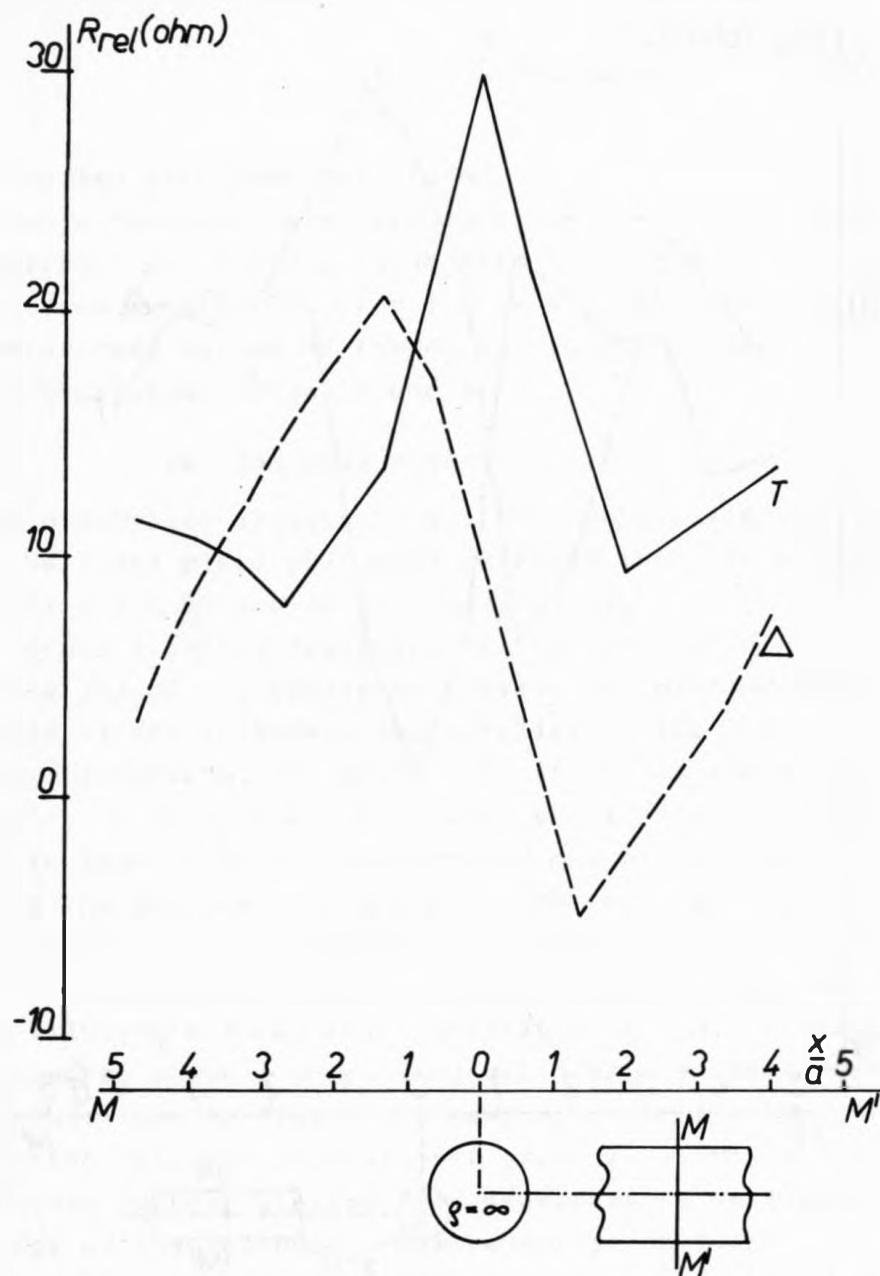


Fig. 4. Anomaly developed above an insulating cylinder.

4. ábra: Szigetelő henger felett kialakult anomália.

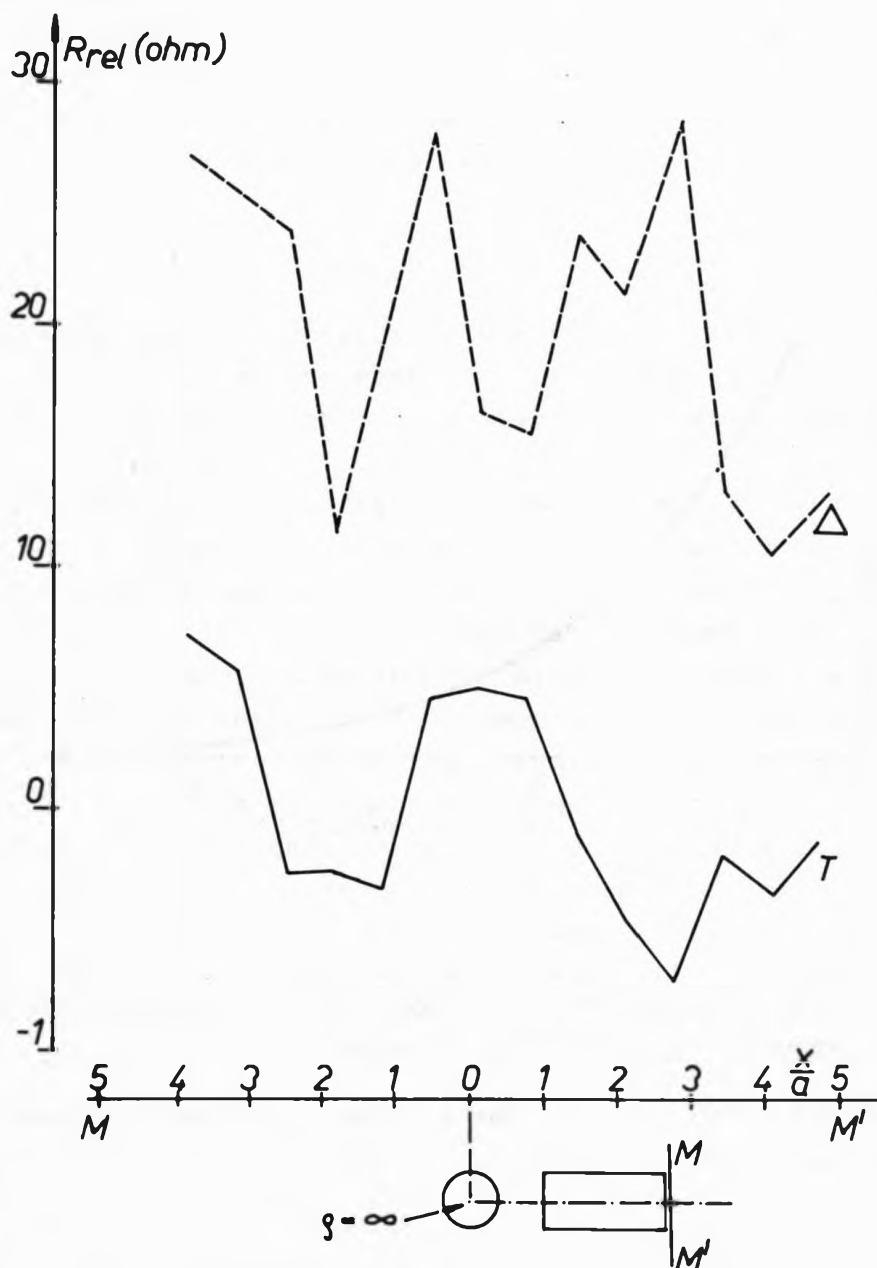


Fig. 5. Anomaly developed above the edge of an insulating cylinder.

5. ábra: Szigetelő henger széle felett kialakult anomália.

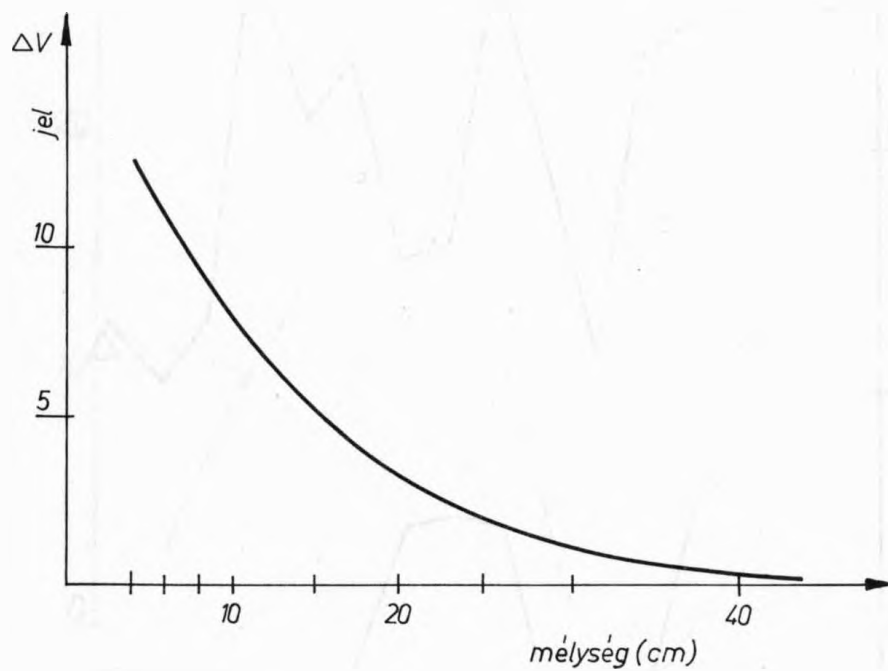


Fig. 6. Reduction of the measured signal as a function of depth of the disturbing object.

6. ábra: A mért jel csökkenése a zavaró test mélységének függvényében.

This model provides help in designing and interpretation of field measurements, in the case of cavities, sediments, and fissures occurring at low depths. To clear up the problems of the directed current field hole research in detail, further master curve measurements are required.

Summary

The increasing importance of karstic and fissured aquifers is accompanied by an increased spread of hydrological applications of geophysical methods suitable for cavern exploration all over the world.

The explorations undertaken in the course of the foundation works of the Budapest Hilton Hotel showed that in the fresh-water limestone laying near the surface holes filled with very loose deposits or compact clay can be found. For designing the foundation, revealing of these holes from the surface was required. Of the applicable geophysical methods a directed field d.c. electrical method has been found suitable to solve the task. The on-spot diagrams obtained from the measurements served as basis for geophysical and hydrogeological interpretations. The common method, so far applied almost exclusively till now, is the so-called master curve interpretation for determination of the ρ distribution obtained from the on-spot measurements. Derivation of the master curves, actually solution of the Laplace equation with known boundary conditions, may take place by a computer aided way or by modelling. In relation to test the electric field, two kinds of the models are often mentioned in the literature:

One of them is an elektrolythic tank, applied in our tests, and the other is modelling with a resistor network. The measurements were accomplished on a simplified copy of the exploration area reduced according to the model law.

LITERATURE

1. GRANDINETTI, M.: Una Nuova Disposizione Elettrodica...
Boll di Geof Teorica et Appl. Vol. IX. No.35.
2. KÖRMENDI ALPÁR: Felszínalatti üregek, inhomogenitások
vizsgálata geofizikai módszerekkel. Karszt- és Barlang-
kutatás VIII. évf. 1973.
3. VAN DAM, J.C. és MEULEN KAMP. J.J.: Standard Graphs for
Resistivity Prospecting, EAEG, Hága 1969.
4. VAN NOSTRAND R.G. - COOK K.L.: Interpretation of resist-
ivity data. Geological Survey Professional Paper 499.
Washington, 1966.
5. LANTOS M. - ZIMÁNYI I.: Geoelektromos kádmodellezés I.
Magyar Geofizika 1970. IX. évf. 1-2.sz.
6. KELLER G.V. and FRISCHKNECHT: Electrical Methods in Geo-
physical Prospecting
7. BARANYI I. - RÓNAKI L.: Mecsek hegység barlangjainak ki-
mutatása geofizikai és hidrológiai módszerekkel.
Karszt- és barlangkutatás VII. évf. 1972.

GEOFIZIKAI MODELLKISÉRLET FÖLDALATTI ÜREGEK KIMUTATÁSÁHOZ

KUNNÉ, BIRÓ ZS.

Összefoglalás

A karszt és repedékes víztároló kőzetek fontosságának növekedésével az üregkutatásra alkalmas geofizikai módszerek hidrológiai alkalmazása világszerte fokozódik.

A budapesti Hilton szálló alapozási munkája során végzett feltárások azt mutatták, hogy a felszín közelében lévő édesvízi mészkőben igen laza törmelékkal, vagy tömött agyaggal kitöltött üregek fordulnak elő. Az alapozás tervezéséhez ezek felszínről való kimutatása volt szükséges. Az alkalmaz-

ható geofizikai módszerek közül egy irányított áramterez egyenáramú elektromos módszer bizonyult alkalmasnak. A terepi mérési görbék szolgáltak a geofizikai, illetve hidrogeológiai interpretáció alapjául. A szokásos és szinte kizárólagosan alkalmazott eljárás az ún. mestergörbés interpretáció a fajlagos ellenállás terepi eloszlásának megállapítására. A mestergörbék előállítása /lényegileg a Laplace-egyenlet megoldása ismert határfeltételekkel/ történhetik számítógéppel vagy modellezéssel. Az elektromos tér eloszlásának vizsgálatára két modell fajtáról tesz az irodalom gyakran említést.

Az egyik az elektrolitikus kád - amelyet alkalmaztunk - a másik az ellenállás hálózattal történő modellezés. A mérések a kutatási terület egyszerűsített és a modelltörvényeknek megfelelően kicsinyített másán történtek.

A kőzetek fajlagos ellenállásának modellezése

A közelítőleg homogén édesvízi mészkő 100 ohmcm nagyságrendű fajlagos elektromos ellenállású. Üregek és repedések hátrányosak, amelyeket kitöltő anyag elektromos szempontból kétféle lehet: agyagos betelepülés, átlagosan 20 ohmcm fajlagos ellenállású, amely a mészkő nagy, néhány 100 ohmcm-es ellenállásához viszonyítva jó vezetőnek tekinthető. A levegővel vagy igen laza törmelékekkel kitöltött "üres" üreg gyakorlatilag szigetelőként vehető számításba.

Üregek modellezése

A modellben mészkőnek a kádban lévő 35 ohmcm fajlagos ellenállású víz felel meg. A zavaró testek /üregek/ kétféle fajlagos ellenállásúak lehetnek: jól vezetők /fémek/, amelyek agyagnak felelnek meg a valóságban, és szigetelők /műanyagok/, amelyek levegővel teli üregeket jelenítenek meg. Az oldási üregeket hengerek képviselik. A repedést a kitöltő anyag ellenállásának megfelelő anyagú lemez modellezi. Elektroda-elrendezés négyeszeres kicsinyítéssel készült el. Az öt egy egyenesben lévő elektród közül három potenciál elektród

$/P_1; P_0; P_2 /$ két azonos polaritású áramelektrodát fog közre. Az ellentétes polaritású áramelektrodát a kád szélénél "végtelen" messze helyezkedik el, és merev összeköttetéssel együtt mozgatható az elektrodák tartólécével.

Mérés a modellen. Az A_1 és A_2 áramelektrodokon azonos polaritású és erősségű egyenáram betáplálása után a feszültségmérés P_0 és P_1 között és P_0 és P_2 között történt. Minden esetben meghatároztuk a természetes potenciál $/PS/$ értékét is. A korrigált potenciálfeszültség értéket V_1 és V_2 jelöli. Ohm törvénye alapján a fajlagos ellenállás:

$$\varrho = K \frac{V_1 + V_2}{I} = K R_T$$

K arányossági tényező csak a mérési elrendezés geometriájától függ. Az R_T ún. összeggörbe, tehát homogén féltér esetén a fajlagos ellenállással, inhomogén féltér esetén pedig a lát-szólagos fajlagos ellenállással arányos. Zavarótest nélküli mérés esetén R_T értékének a kád szélénél fellépő hatástól eltekintve hibahatáron belül állandónak kell lennie. A méréseket a zavarmentes részen végeztük. Nagy fajlagos ellenállású /műanyag/ zavarótest felett az R_T görbe maximumot ad, kis fajlagos ellenállású /fém/ zavarótest felett pedig minimummal jelentkezik.

A mérési rendszer hasonló a MAN elrendezéshez, így ahhoz hasonlóan az ott szereplő különbségi görbéket is kiszámítottuk:

$$\Delta R = \frac{\Delta V_1 - \Delta V_2}{I}$$

Homogén közeg felett zavarótest nélküli mérés esetében ΔR értékének a mérés hibahatárán belül nullának kell lennie, az R_T összeggörbe szélső értékeinél pedig null átmenetet kell mutatnia /3. és 4. ábra/.

GEOPHYSIKALISCHER MODELLVERSUCH ZUM NACHWEIS UNTERIRDISCHER HOHLRAUME

von

ZS.KUN-BIRÓ

Zusammenfassung

Mit der Zunahme der Wichtigkeit von karstischen und gespal-
teten wasserführenden Gesteinen werden die für Sucharbeiten
auf Hohlräume geeigneten geophysikalischen Methoden in der
ganzen Welt immer mehr verbreitet.

Die bei den Fundierungsarbeiten für Hotel Hilton in Buda-
pest errichteten Aufschlüsse haben gezeigt, dass im ober-
flächennahen Süßwasserkalkstein, mit lockerem Trümmaterial
oder mit dichtem Sediment ausgefüllte Hohlräume vorkommen. Für
die Erarbeitung des Grundbauprojektes war der Nachweis von
diesen von der Tagesoberfläche aus sehr wichtig. Von den an-
wendbaren geophysikalischen Methoden hat sich eine elektrische
Vermessungsmethode mit gesteuertem Gleichstromfeld als geeignet
erwiesen. Als Grundlage für geophysikalische bzw. hydrogeolo-
gische Interpretation dienten die Feldmessungskurven. Eine
konventionelle und fast ausschliesslich verwendete Methode
beruht auf der Interpretation bei den sog. Meistenkurven, zur
Bestimmung der ρ Verteilung an Hand der am Gelände erhaltenen
Messungsdaten.

Die Herstellung der Meistenkurven - im wesentlichen die
Lösung der L a p l a c e - Gleichung mit bekannten Grenz-
bedingungen - kann entweder mit Rechenautomaten oder mit Mo-
dellversuchen erfolgen. In der Literatur werden zwei Modell-
typen für die Untersuchung der Verteilung des elektrischen
Feldes erwähnt.

Der eine ist die elektrolytische Wanne, der andere die Mo-
dellierung mit einem Widerstandsnetz. Die Messungen wurden
auf einem vereinfachten und den Modellgesetzen gemäss verklei-
nerten Modell des Untersuchungsgebietes durchgeführt.

GEOFIZIKA PERMODELA EKSPERIMENTO PRI LA ELMONTRO DE
SUBLERAJ KAVERNOJ

ZS. KUN-BIRÓ

Resumo

Kreskante la signifo de la karsto kaj breĉoriĉaj akvorezer-
vantaj ŝtonaroj, tutmonde plifortiĝas la apliko de la kaverno-
esploraj metodoj en la hidrologio.

La malkovroj ĉe la fundamentado de la hotelo Hilton en Bu-
dapeŝto montris, ke la surfracproksima dolĉakva kalkŝtono en-
havas kavernojn, plenigitajn per tre malkompakta rubo aŭ kom-
pakta argilo. Por la planado de la fundamentado necese estis
ties elsurfaca demonstro. El la aplikeblaj geofizikaj metodoj
direktita kurentspaca perkortinua-flua metodo pruviĝas taŭga.
La terenaj mezuraj diagramoj servis kiel bazo de la geofizika
kaj hidrogeologia interpreto. La kutima kaj preskaŭ ekskluzive
uzata metodo estas la t.n. bazografikaĵa interpreto por kons-
tati la distribuon de la ρ el la terenaj mezuraj diagramoj.
La pretigo de la bazografikaĵoj - esence la solvo de la
L a p l a c e - ekvacio kun konataj limokondiĉoj - estas fa-
reble per komputilo aŭ modelo. La literaturo ofte mencias du
tipojn de la modeloj por ekzameni la distribuon de la elektra
spaco.

La unua la elektrolista kuvo - kiun la aŭtoro uzis - la
alia la modelo per rezistilo-reto. La mezurado okazis per la
simpligita kaj laŭ la leĝoj de modelado malgrandigita imitaĵo
de la esplorita tereno.

ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ МОДЕЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ПУСТОТ

КУННЕ, Ж. БИРО

РЕЗЮМЕ

С повышением важности карстовых и трещинных водовмещающих пород по всему миру повышается степень гидрологического применения геофизических методов, пригодных для исследования пустот.

Вскрытия, проведенные во время заложения фундамента при строительстве будапештской гостиницы Хильтон, свидетельствовали о том, что в пресноводном известняке, расположенном вблизи поверхности, встречаются пустоты, заполненные очень неплотными обломками или же плотной глиной. Для разработки проектов заложения фундамента возникла необходимость выявления этих пустот с поверхности. Из применяемых геофизических методов приемлимым оказался электрический метод, использующий постоянный ток, с направленным электрическим пространством. Кривые замеров, проведенных на местности, послужили основой геофизической и гидрогеологической интерпретации. Обычным и, можно сказать, исключительным в применении методом является, так называемая, "интерпретация основных кривых" из замеренных данных на местности для определения распределения ρ . Получение этих специальных кривых по сути дела является решением уравнения Лапласа с известными предельными условиями и может производиться с помощью счетно-вычислительной машины или же путем создания модели. В литературе часто говорится о двух видах моделей, используемых для исследования распределения электрического пространства, одной из них является электролитическая ванна, которая и применялась нами. Другим видом является создание модели, основанной на использовании сетки сопротивлений. Замеры производятся на упрощенной и уменьшенной по законам моделирования копии участка исследований.



KARSTIC CORROSION GRAPHS

by

P. MÜLLER and I. SÁRVÁRY

The phenomena of karstic corrosion are constantly met with in speleological practice, yet a kind of uncertainty is very often felt as far as the role of the individual factors is concerned. The right nomenclature is not known well enough either. Current tabulations do not allow one to access the way in which the quantity of equilibrium CO_2 depends on the amount of limestone in solution, on the ratio of the bound CO_2 and on temperature. The fact is, by the way, that it is the ratio of these factors that controls rock dissolution and lime precipitation, in other words, the basic phenomena of corrosion. Consequently, it is necessary to show the interdependence of these factors by plotting them in form of graphs that are both illustrative and suitable for practical uses. The tables necessary to plot the graphs have been borrowed from the work of D. B a l á z s /1964/ in which the relevant literature is listed, too.

Factors active in karstic corrosion

The basic phenomenon of dissolution and precipitation is well-known to consist in hydrocarbonate solubility of CaCO_3 . The dissolution of a definite quantity of CaCO_3 at a given temperature presupposes the presence of a quantity of "bound CO_2 " giving the bicarbonate alkalinity. The hydrocarbonate produced by the bound CO_2 , however, is not decomposed only in the case, if a quantity of "additional CO_2 " is also present in the solution. This "additional CO_2 " is in a permanent exchange of reciprocal decomposition with the bound CO_2 , but their combined quantity, their ratio to each other, does not change during the process.

karst waters such a simplification is in many cases admissible; on the other hand it enhances to understand the essence of the basic phenomena of corrosion.

The state of equilibrium between a liquid and the gaseous space above it has been shown in Graph 1.

Along the vertical axis the additional CO_2 quantity in the liquid, on the horizontal one the temperature values have been plotted, while the oblique lines indicate the partial pressure of CO_2 in the air-space getting in contact with water. Accordingly, in case of an air pressure of 1 atm, the line labelled 0.2 represents a 20 volume per cent ratio of CO_2 .

Free air contains an average of 0.03 volume per cent CO_2 , consequently, at sea level the partial pressure of this is 0.0003 atm, being shown at the base on the graph.

The practical application of Graph 1. is shown in Example A.

Example A:

In recent summers, the authors performed divings with members of the Delfin Skin Diving Club in the Malomtavi /Molnár János/ Cave in Budapest. In doing so and using gas samplers, they measured 8.0 volume per cent CO_2 in the closed, unaerated air space behind the siphon. The temperature of the water and of the air above it was 25°C or so. How much was the value of the additional CO_2 in the liquid?

Solution: 8.0 volume per cent correspond to a partial pressure of 0.08 atm. If the vertical corresponding to 25°C on Graph 1. be projected to the oblique line corresponding to 0.08 atm, and then from there horizontally to the scale of the additional CO_2 , the value 120 mg per litre can be read off. So much is, consequently, the additional CO_2 content keeping up an approximate equilibrium with this CO_2 content of high partial pressure.

Graph 2. shows the equilibrium of the CO_2 in the liquid and the dissolved rock. The form of the graph has been borrowed

On the other hand, to prevent the precipitation of the additional CO_2 one needs to have, in the airspace above the solution, a definite amount of gaseous CO_2 of corresponding partial pressure.

Just like the bound and additional CO_2 are mutually exchanged in the liquid phase, in the same way a permanent exchange of dissolution and evaporation takes place between the gaseous CO_2 of the atmosphere and the "additional CO_2 " in the solution.

Consequently, the partial pressure of the additional CO_2 in the solution, related to the airspace above it, equals the partial pressure of the atmospherical CO_2 . The partial pressure /in atm./ measurable in an air-space having a pressure of 1 atm agrees with the volume ratio of the gas concerned; in the solution, however, the partial pressure depends, in addition, on the solubility factor and, consequently, on temperature as well.

The term "free CO_2 " however, comprises both the quantity of additional CO_2 and, if present any, that of aggressive CO_2 which is apt to further dissolution.

If the liquid being examined gets under changed circumstances, the state of equilibrium is restored as an asymptotic process. A subequilibrium state, however, will very soon be reached between the rock and the liquid on the one hand and the liquid and the air space above it on the other. As suggested by the scant information available, in the case of thin water films, already a couple of minutes are sufficient for the solution to become nearly saturated, i.e. for the equilibration of the partial pressures between the air-space and the liquid. However, if greater amount of liquid is exposed to changed circumstances, the time necessary to a neat equilibrium to be restored will be theoretically infinite.

In the further discussion only such equilibrium waters will be dealt with which contain, beside CO_2 , only Ca-hydrocarbonate. The Mg, Na, K, etc. contents will be ignored. Thus the problem will be substantially simplified, but in the case of

from the book of L. J a k u c s /1971, p.41/.

On the horizontal axis the quantity of CO_2 present in the solution has been plotted in mg per litre values. The quantity of the bound CO_2 can be read off the oblique straight line, the quantity of both the bound and additional CO_2 combined has to be read off the curves corresponding to the individual temperatures. The quantity of the bound CO_2 is always proportional to that of the dissolved CaCO_3 /or to that of the dissolved MgCO_3 , again directly, though according to a different proportionality law/, and so to the carbonate hardness of the water /or, in an other term, to its variable hardness/.

Therefore it has been possible to plot, on the vertical axis, both the dissolved CaCO_3 content and the hardness scale calibrated with reference to Ca^{++} , in German hardness degrees.

The value of the HCO_3^- content is also often found in chemical analyses. However, only one half of the CO_2 given in form of HCO_3^- derives from the CO_2 content keeping up an equilibrium with the air space. The HCO_3^- scale has also been plotted horizontally. The values vertically projected from here upwards, however, can let be intersected, of course, only by the straight line representing the bound CO_2 content. It is the projection line drawn horizontally from the point of intersection that cuts out on the CaCO_3 scale the quantity of the dissolved rock, while on the curve corresponding to the given temperature it shows the combined quantity of the relevant bound and additional CO_2 .

Example B:

Spring IV. of the Lukács Baths of Budapest has a temperature of 60°C and a HCO_3^- content of 550 mg per litre. The temperature of nearby Malomtavi Spring is 25°C , its HCO_3^- content 450 mg per litre. How much will be the value of mixing corrosion, if the waters of the two springs mix at 1:1 ratio and if there is no free air space, above them? /Nota bene, in presence of a free air space, a further change is caused by the exchange of gas with it./

Solution: The use of Graph 2. is illustrated in the explanatory diagram. The value expressing the 450 mg/l HCO_3^- content of one of the two springs is projected /1/ up to the straight line showing the bound CO_2 content. The horizontal line drawn /2/ from the point of intersection cuts out, on the horizontal CaCO_3 scale, the 368 mg/l value which corresponds approximately to 20.5°C . When prolonged as far as the curve labelled 25°C /3/ this same straight line cuts out in point a, the total CO_2 content, 294 mg/l, of the liquid.

In the case of the other spring the HCO_3^- content is 550 mg/l. Performing the above operations in the same way /4, 5, 6/, you obtain a reading of 450 mg/l on the CaCO_3 scale, and 856 mg/l for total CO_2 , in point b.

Connect the points a and b obtained on the temperature curves by a straight line. In correspondence with the 1:1 mixing ratio, the CO_2 content of the mixture is indicated by the bisectrix, c, of the straight line. The horizontal /7/ drawn from point c cuts out on the CaCO_3 axis the instantaneous lime content of the mixture.

At a mixing of 1:1 ratio the temperature of the solution will be $(60+25)/2 = 42.5^\circ\text{C}$. Above point c the curve stretch corresponding to 42.5°C is plotted by interpolation. Point c is projected to this /8/. This will result in point d. Projecting is done vertically, for after mixing the CO_2 content of the mixture remains unchanged. The aggressive CO_2 presenting itself as an excess, however, will dissolve from the rock the excess, of CaCO_3 corresponding to the new equilibrium state /point d/, which is expressed by the stretch, c-d, of the straight line. In our case, this is 36 mg/l, i.e. every cubic metre of water means an excess of 36 grams of dissolved limestone.

This process has been termed as mixing corrosion.

If the waters mix at a ratio other than 1:1, the dividing point, c, on the connecting straight line will get closer to the end-point indicating the higher-ratio component. It is $a:c:b$ that will correspond to the relative ratio of the two

components. Take care in calculating the common temperature and take into account, by weighing, the ratio of the components.

Graph 2. may be used for determining the rate of corrosion taking place while the CO_2 -containing water cools down; It may be used also for determining the quantity of lime precipitating while the water warms up, respectively. In doing so, step from one temperature line to the other along the vertical, corresponding to the CO_2 content.

The corrosion due to pure temperature mixing is, in case of solutions of identical CO_2 content, very little, being impossible to be read off from our graph anymore.

In our example we have so far spoken only of CaCO_3 , though karst waters do contain Mg as well. Since the value of the additional CO_2 at MgCO_3 dissolution differs from the additional CO_2 necessary for the dissolution of CaCO_3 , it will be a special task to plot graphs showing the case of pure MgCO_3 dissolution as well as the mixed dissolution of Ca- and Mg-hydrocarbonates. The data so far available, however, are not enough to achieve this.

Graph 3. shows the ratios of the bound and additional CO_2 in waters of different hardness.

On account of its logarithmical scale, this graph, however, can be used best in that range of values, where -- in case of waters of low hardness -- Graph 2. gives no exact values anymore. Calibrated in a logarithmical scale, the values of the additional CO_2 have been plotted along the vertical axis, while the horizontal scale shows the values of temperature on a linear scale. The oblique straights belong to waters of different hardness, i.e. of different bound CO_2 content.

A combined use of Graphs 1, 2 and 3 has been presented in Example C.

Example C:

Leaving the confined space behind the siphon, the effluent water of 25°C of the Molnár János Cave gets in contact with the free air having a partial CO_2 pressure of 0.0003 atm. If

there is time enough for an equilibrium to set in and if the temperature does not change during the process, how much limestone will be precipitated from 1 m³ of spring-water?

Solution: As was calculated from Graph 1, in the liquid phase, 120 mg/l of additional CO₂ corresponds to the 8 volume per cent CO₂. On Graph 3. the vertical projection line corresponding to 25°C and the horizontal projection line corresponding to 120 mg/l of additional CO₂ intersect each other exactly at the line corresponding to 20 °Gh. According to the vertical scale of Graph 2., this hardness corresponds to 357 mg/l of CaCO₃ /Resulting from an air analysis this value agrees, by the way, very well with the CaCO₃ content of 368 mg/l obtained from water analyses./

The quantity of additional CO₂ of the water after being for a long time in contact with the free air space is read off again from Graph 1. The vertical line starting at 25 °C intersects the curve corresponding to a partial pressure of 0.0003 atm at the height of 0.44 mg/l of additional CO₂. In the point of intersection of the horizontal line drawn from the 0.44 mg/l value of additional CO₂ on Graph 3. with the vertical corresponding to 25°C, an approximate value of 3,1°Gh can be interpolated. On the vertical scale of Graph 2. this value corresponds approximately to 55 mg/l of CaCO₃. /Under natural conditions the water can only seldom attain this low value. For details, see the concluding part of this paper./

Consequently, the water flowing out of the Molnár János Cave will deliver 357-55 = 302 mg of CaCO₃ per litre, which corresponds to 1/3 kg of rock per 1 cubic metre of water.

By a combined use of the three graphs, of course, other similar tasks can be easily solved, too.

The accuracy of the calculations is influenced by the fact that the regularities of the dissolution of MgCO₃ have not been taken into consideration. So we have tacitly made the mistake of plotting only Ca⁺⁺, as a cation, against the HCO₃⁻ figuring in the analysis. The fact is, however, that Mg is also present, with a share of 1/3 to 1/4, in the waters of

the Budapest springs. Obviously, the mixing of waters of different Ca-Mg ratio similarly results in upsetting the equilibrium even if their HCO_3^- content, i.e. their hardness, was identical, for the quantity of the additional CO_2 is different in the case of each particular cation. Hence the two basic types of mixing corrosion thus far known, i.e. corrosion due to concentration mixing and corrosion due to temperature mixing, are joined by a third one.

Let us call attention to the fact that the graphs relate exclusively to established equilibrium states.

The establishment of the equilibrium state is an asymptotic process, i.e. it approaches more and more slowly to the final state. The velocity of the process, however, is influenced by numerous factors. For instance, in the case of the exchange of CO_2 between the atmosphere and the liquid, the velocity of water and air movement, its turbulence, the thickness of the water- and air layer, the size of the contact surface, etc. are crucial. In karst waters getting from underground passageways into a surface stream, an equilibrium of CO_2 does never set in, because the surface waters always contain some decaying organic matter which compensates for the carbon dioxide released. The precipitation of lime is decisively influenced, in addition to the above factors, by the purity of water as well. Notably, in absence of crystallization nuclei the water may get supersaturated and remain for a long time in this state. Beside the above, the precipitation is influenced by the factors controlling the crystal modifications of the precipitating material /calcite, aragonite, vaterite, etc./

The corrosion processes take place just in the time interval when one equilibrium state changes over into another. The numerous factors influencing the rate of change-over can be hardly assessed by theoretical calculations, only an estimation of the trends may be spoken of. Therefore, if one desires to know the evolution of the corrosion processes in space and time, one can rely, according to the

authors' opinion, only on measurements conducted in the nature and/or one may resort to model experiments. Theoretical calculations may just facilitate interpolating or extrapolating the values measured.

Comments by academician L. Markó, Sc. D., who revised the paper

In reality, CO_2 occurs in a solution in the following forms:

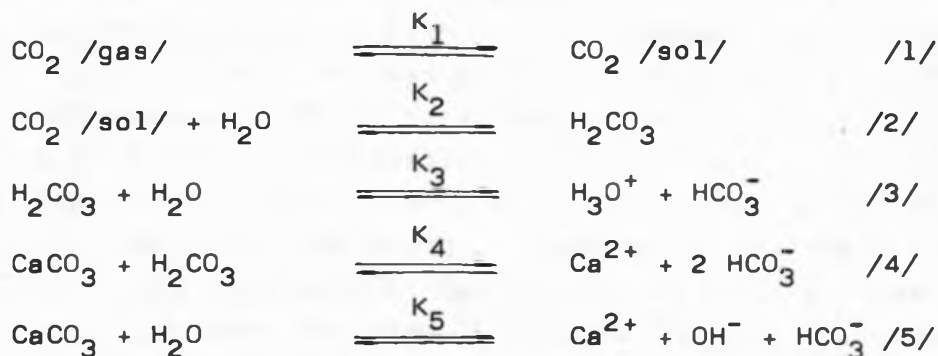
CO_2 /sol/ = physically dissolved CO_2

H_2CO_3 = carbonic acid

HCO_3^- = hydrogen carbonate ion

CO_3^{2-} = carbonate ion

If the last item in waters containing only calcium be neglected /this is admissible, by the way/, the following equilibria will occur in presence of CO_2 and H_2O :



According to definition, the "bound" CO_2 is one of the HCO_3^- implied by the $\text{Ca}/\text{HCO}_3/2$ formula, the other one, still

untermied, is "supplied by CaCO_3 ". The "additional CO_2 " in turn is that which is obtained when the 2 CO_2/Ca are subtracted from the total. If there is no calcium in the solution, the sum of dissolved CO_2 , H_2CO_3^- is, by virtue of the equilibria /1/, /2/ and /3/, proportional to the partial CO_2 pressure. Fig.1, relates to this case.

If CaCO_3 is dissolved, the conditions are more complicated, though the equilibria /3/, /2/ and /1/ remain still valid. Here chiefly /3/ is essential, because the dissolution of CaCO_3 exerts its effect by changing the concentration of H_3O^+ and HCO_3^- . Hence the question to answer is whether the sum of the CO_2 /sol/, H_2CO_3 and HCO_3^- concentrations forming in the new situation will be other than in case of distilled water.

Since P_{CO_2} has not changed, the quantity of CO_2 /sol/ cannot obviously change either, as K_1 is constant; for the same reason, the amount of H_2CO_3 cannot change either, this being fixed, in turn, on the strength of equilibrium /2/, to the concentration of the dissolved CO_2 . Consequently, it is HCO_3^- that remains in question.

Its quantity largely increases, of course: CaCO_3 passes into solution to the extent required by equilibrium /4/ and, at the same time, pH /consequently, H_3O^+ / also changes according to equilibrium /5/. It is just the decrease of H_3O^+ /pH/ that allows the concentration of HCO_3^- to increase and, at the same time, the equilibrium /3/ to remain valid.

As far as the total concentration of HCO_3^- is concerned, it can be shown - after some sophisticated deductions that are omitted here -, that it will be proportional approximately to the 1/3 power of the partial CO_2 pressure. Essentially the same result will be obtained after subtracting 1 mole HCO_3^- equivalent to the Ca^{2+} dissolved, when the remainder will correspond to the sum of the "bound" and "additional" CO_2 . Consequently, the relation $P_{\text{CO}_2}^-$ /bound + additional CO_2 / will be no means be a linear one, ² the nomograms given in the paper being unsuitable for it.

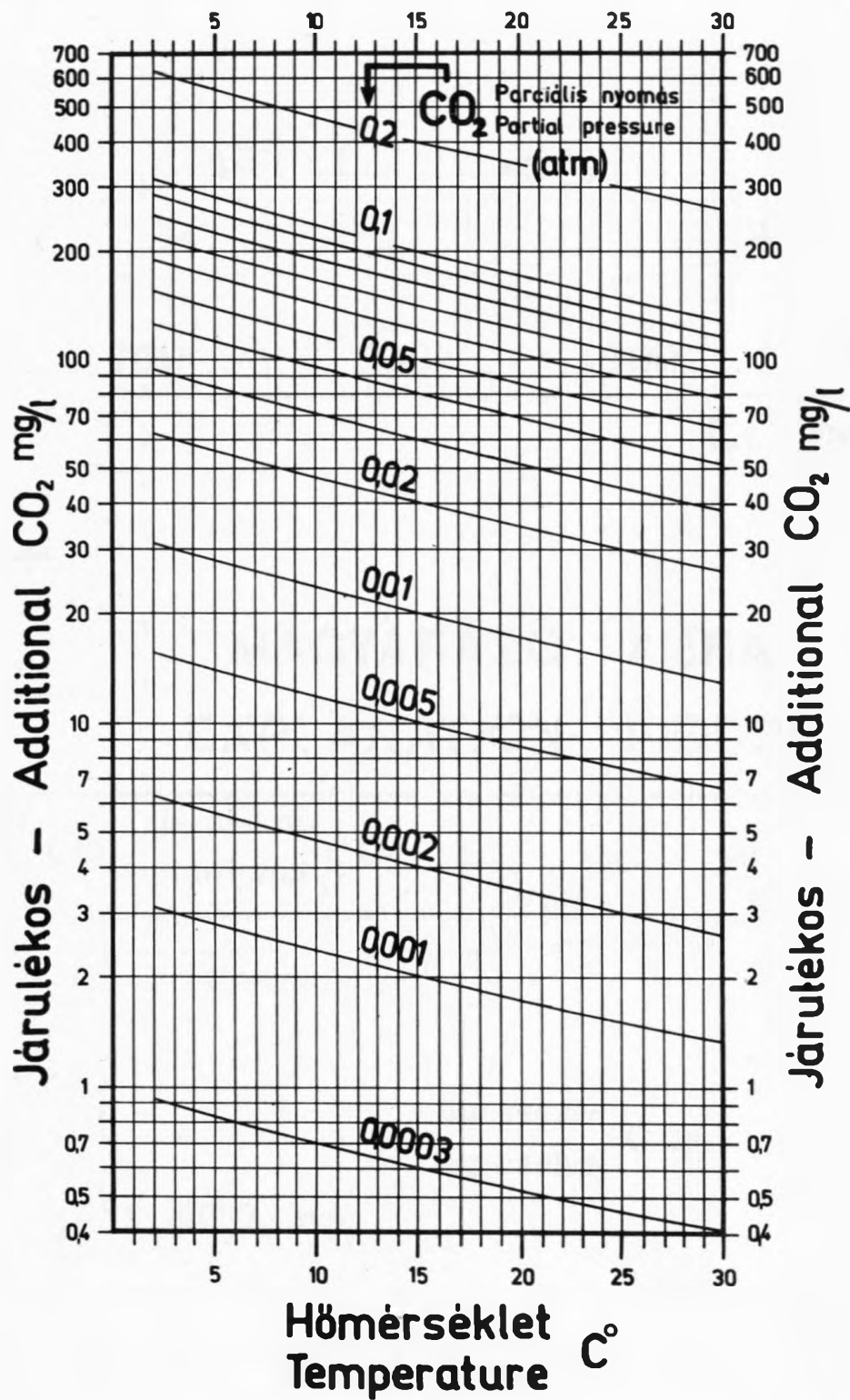
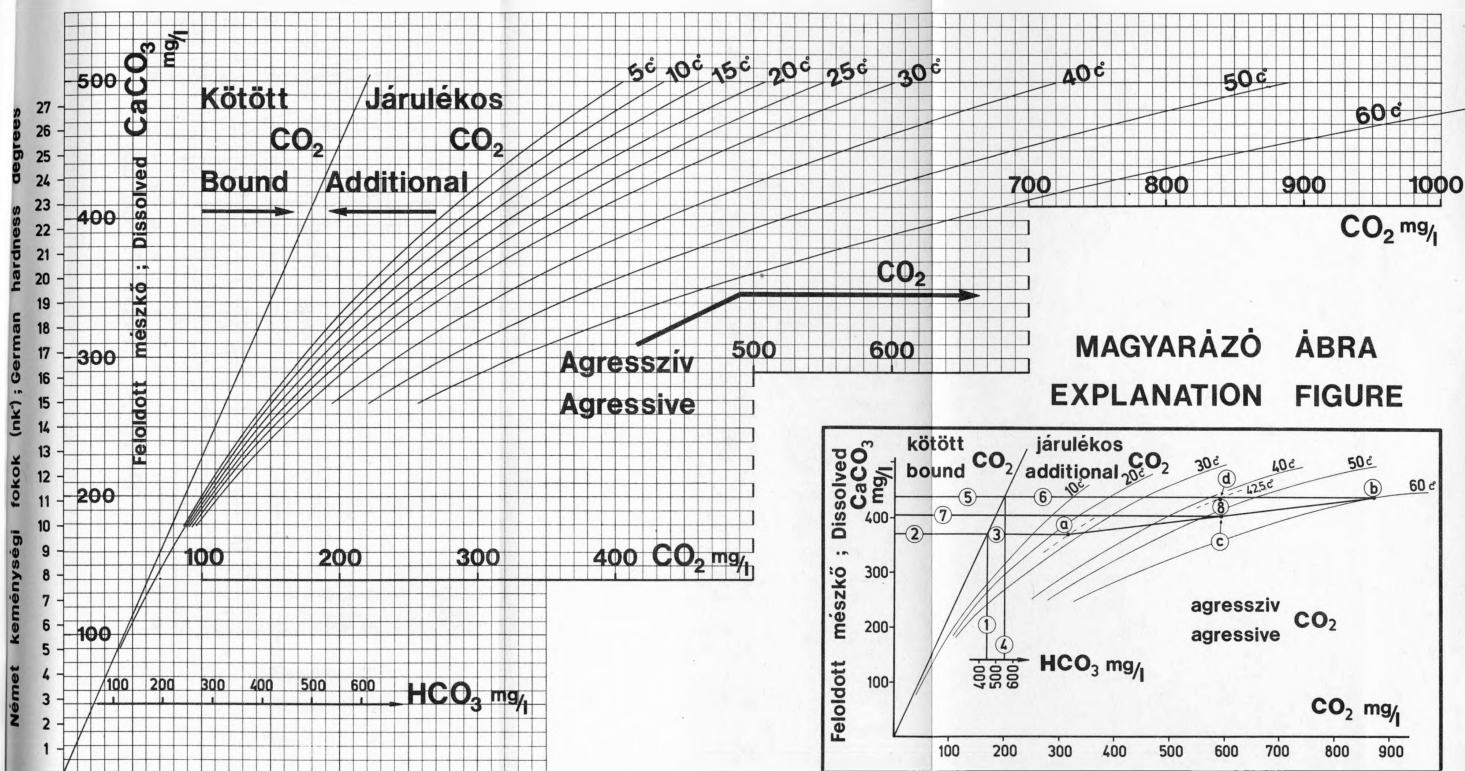


Fig. 1 - 1. ábra



2. ábra

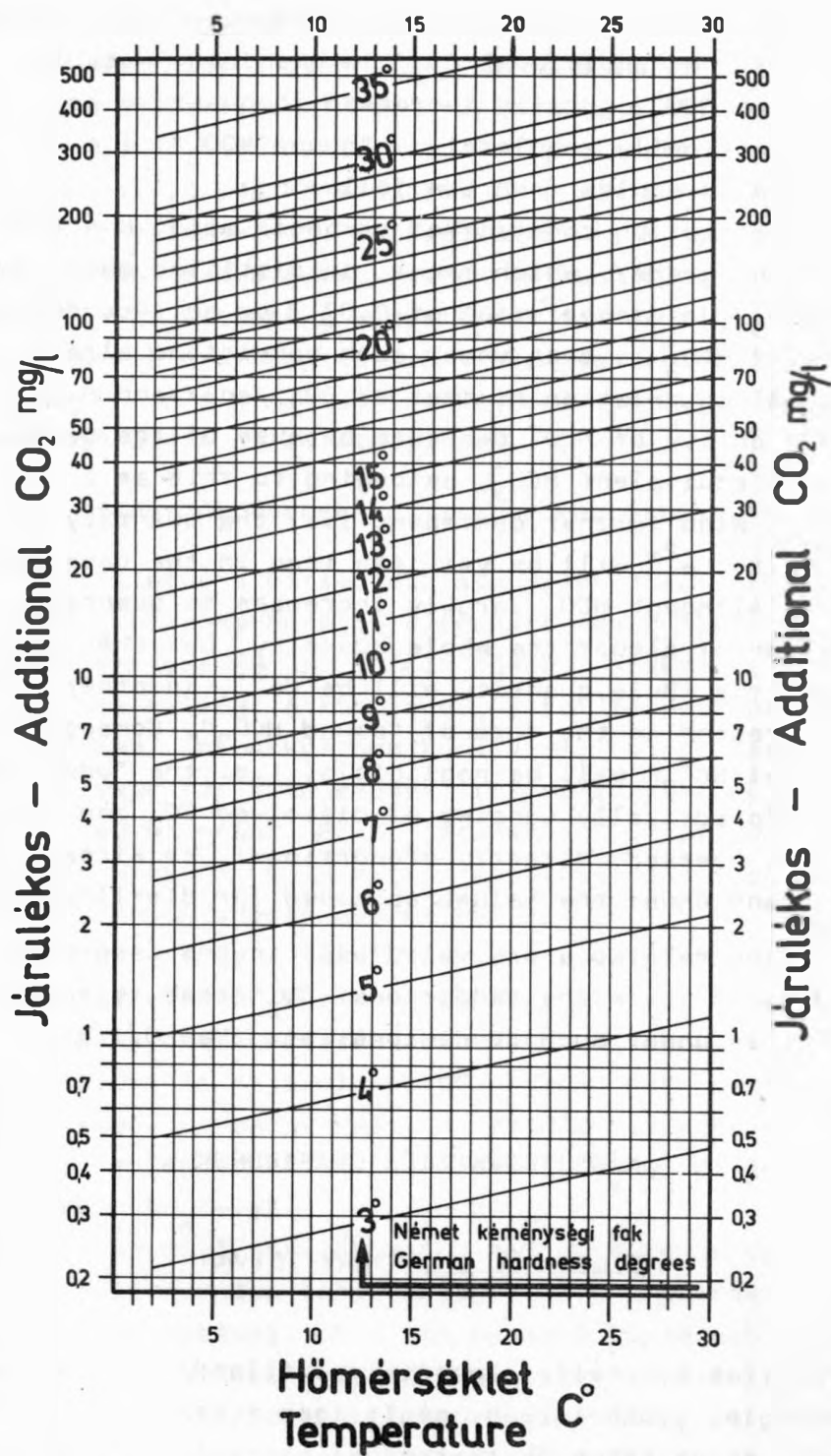


Fig. 3 - 3. ábra

In my opinion, no problem will be faced in the case when the quantity of the "additional CO_2 " is examined. Notably, it is obvious that HCO_3^- , greatly increased in quantity as it is, represents practically completely a "bound HCO_3^- ", i.e. it belongs to Ca^{2+} . This results from the following:

The dissociation constant of carbonic acid, $K = 4.31 \cdot 10^{-7}$ /at 20° centigrade/, which means, in distilled water /when $\text{H}_3\text{O}^+ = \text{HCO}_3^-$ /, a dissociation of 0.07 % or so. Accordingly, the quantity of HCO_3^- is even under such conditions already negligibly small in relation to that of CO_2 /sol/ and H_2CO_3 . Should now the quantity of H_3O^+ decrease because of the decrease of pH, so the equivalent HCO_3^- , belonging to this as a counter-ion, will also farther decrease, i.e. the quantity of HCO_3^- not bound to Ca^{2+} will be yet less than in the case of distilled water. Although HCO_3^- largely increases in quantity, but the counter-ion of almost the whole quantity, but the counter-ion of almost the whole quantity will be Ca^{2+} , in other words, it will be present in the form of "bound HCO_3^- ". Consequently, the "additional HCO_3^- " will be negligible, i.e. the "additional CO_2 " will practically consist of dissolved CO_2 and of H_2CO_3 . These are, however, directly proportional, as already shown, to P_{CO_2} /and equal the values obtained for distilled water/.

Thus, the relations are valid also in the case of dissolved limestone, if it is the "additional CO_2 " that is considered. The error is under such conditions less than 0.1 %.

KARSZTKORRÓZIÓS GRAFIKONOK

MÖLLER PÁL - SÁRVÁRY ISTVÁN

A karsztos korrózió jelenségeivel állandóan találkozunk a speleológiai gyakorlatban, mégis igen sokszor bizonytalanság uralkodik egyes tényezők szerepével kapcsolatban. A helyes no-

menklatura sem közismert. A közkézen forgó táblázatokból nem állapítható meg, hogy hogyan függ az egyensúlyi CO_2 mennyisége az oldatban lévő mészkő mennyiségétől, a kötött CO_2 arányától, valamint a hőmérséklettől. Pedig ezeknek a tényezőknek az aránya szabályozza a kőzetoldást és a mészkiválást, tehát a korrózió alapjelenségeit. Szükséges tehát, hogy egyrészt szemléletes, másrészt a gyakorlatban is használható grafikonon mutassuk be ezeknek a tényezőknek egymástól való függését. A grafikonok szerkesztéséhez szükséges táblázatokat B a l á z s D é n e s /1964/ munkájából vettük, a megfelelő irodalom felsorolása is ott található.

Mely tényezők hatnak a karsztos korrózióban?

Az oldás, illetve a kicsapódás alapjelensége - mint köztudott - a CaCO_3 hidrokarbonátos oldódása. Adott hőmérsékleten egy bizonyos mennyiségű CaCO_3 feloldásához szükséges az ún. "kötött CO_2 " mennyiség. A kötött CO_2 által létrehozott hidrokarbonát azonban csak akkor nem bomlik el, ha egy másik, ún. "járulékos" /vagy más kifejezéssel tartozékos/ mennyiségű CO_2 is jelen van az oldatban. Ez a "járulékos CO_2 " állandó cserebomlásban van a kötött CO_2 -vel, de együttes mennyiségük, egymáshoz való arányuk közben nem változik.

Ahhoz viszont, hogy a járulékos CO_2 ne váljon ki a folyadékból, a felette lévő légtérben szükség van egy ennek megfelelő parciális nyomású, gázfázisban lévő CO_2 mennyiségre.

Ahogy a kötött és a járulékos CO_2 kölcsönösen cserélődik a folyadékfázisban, ugyanúgy válik ki és oldódik szüntelen kicserélődésben a légtérben lévő gázfázisú CO_2 a folyadékban lévő "járulékos CO_2 "-vel.

A folyadékban lévő járulékos CO_2 -nek a légtérre vonatkoztatott parciális nyomása tehát megegyezik a légtérben lévő CO_2 parciális nyomásával. Az 1 atm. nyomású légtérben mérhető parciális nyomás /atmoszférában/ megegyezik az illető gáz térfogatarányával, a folyadékban azonban ezen felül az oldhatósági faktortól és ezen keresztül a hőmérséklettől is függ.

A "szabad CO_2 " kifejezés viszont magában foglalja a járulékos CO_2 mennyiséget és ezen felül, ha van, az agresszív CO_2 mennyiségét is, amely további oldásra alkalmas.

Ha a vizsgált folyadék megváltozott körülmények közé kerül, az új egyensúlyi állapot beállása aszimptotikus folyamat. Az egyensúlyi állapothoz közeli helyzet azonban nagyon hamar beáll mind a közet és a folyadék, mind a folyadék és a felette lévő légtér között. A rendelkezésre álló kevés adat alapján úgy tűnik, hogy vékony vízfilmek esetében már néhány perc elég ahhoz, hogy az oldat közel telítetté váljon, illetve hogy a parciális nyomások a légtér és a folyadék között kiegyenlítődjenek. Viszont ha nagyobb tömegű folyadék kerül megváltozott körülmények közé, elméletileg végtelen idő szükséges a pontos egyensúly beállításához.

A továbbiakban csak olyan, egyensúlyi állapotban lévő vizekkel foglalkozunk, amely CO_2 -n kívül csak Ca-hidrokarbonátot tartalmaznak. Nem foglalkozunk tehát az Mg^{++} , Na^+ , K^+ , stb tartalommal. Ezzel a kérdést ugyan lényegesen leegyszerűsítjük, de ez az egyszerűsítés karsztvizek esetében sokszor megengedhető, és a korróziós alapjelenségek lényegének megértését is elősegíti.

A folyadék és a felette lévő gáztér közötti egyensúlyi helyzetet az 1.sz. grafikonon tüntettük fel.

A függőleges tengelyen a folyadékban lévő járulékos CO_2 mennyiség szerepel, a vízszintes tengelyen a hőmérséklet értékei, a ferde vonalak pedig a vízzel érintkező légtérben lévő CO_2 parciális nyomását adják meg. Tehát 1 atm. légköri nyomás esetében a 0,2 jelzésű vonal a 20 térfogat %-nyi CO_2 arányt érzékelteti.

A szabad levegő átlagosan 0,03 térfogat % CO_2 -t tartalmaz, ennek parciális nyomása a tengerszinten tehát 0,0003 atm., grafikonunkon legalul szerepel.

Az 1.sz. grafikon gyakorlati alkalmazását az A. példán mutatjuk be.

A. példa:

Az elmúlt években nyári időszakban a budapesti Malomtavi-/Molnár János-/barlangban a Delfin könnyűbúvár csoporttal mérőléseket végeztünk. Ezek során a szifon mögötti zárt, szellőzetlen légtérben 8,0 térfogat %-nyi CO_2 -t mértünk gázmintavevő készülékkel. A víz és a felette lévő levegő hőmérséklete 25°C körül volt. Mennyi a folyadékban a járulékos CO_2 értéke?

Megoldás: 8,0 térfogat % megfelel 0,08 atm. parciális nyomásnak. Az 1.sz. grafikonon a 25°C -nak megfelelő függőlegest felvetítve a 0,08 atm.-nak megfelelő ferde vonalra, majd onnan vízszintesen a járulékos CO_2 skálájára, ott 120 mg/liter értéket olvashatunk le. Ennyi tehát a folyadékban a járulékos CO_2 tartalom, amely ezzel a magas parciális nyomású CO_2 tartalommal közel egyensúlyt tart.

2.sz. grafikonunk a folyadékban lévő CO_2 és az oldott közet egyensúlyát tünteti fel. A grafikon formáját J a k u c s L. /1971.p.41./ könyvből vettük át.

A vízszintes tengelyen az oldatban jelenlévő CO_2 mennyiség szerepel mg/literben. A kötött CO_2 mennyiségét a ferde egyenesen olvashatjuk le, a kötött és járulékos CO_2 együttes mennyiségét az egyes hőmérsékleteknek megfelelő görbékről kell levetítenünk. A kötött CO_2 mennyiség mindig egyenesen arányos az oldott CaCO_3 mennyiséggel, /vagy más arány szerint, de ugyancsak egyenesen az oldott MgCO_3 mennyiséggel/. és így a víz karbonát-keménységével /másnéven változó-keménységével/. Ezért a függőleges tengelyen egyaránt tudtuk ábrázolni a CaCO_3 tartalmat, valamint a Ca-ra vonatkoztatott keménységi skálát is, német keménységi fokokban / nk° /.

A kémiai elemzésekben gyakran megtalálható a HCO_3^- -tartalom értéke is. A HCO_3^- formájában megadott CO_2 -nek azonban csak egyik fele származik a légtérrel egyensúlyt tartó CO_2 tartalomból, a másik fele a közet karbonát-tartalmából adódik. A HCO_3^- -skálát ugyancsak vízszintesen ábrázoltuk. Az innen függőlegesen felvetített értékeket azonban természetesen csak a kö-

tött CO_2 tartalmat ábrázoló egyenessel lehet metszésbe hozni. A metszéspontból vízszintesen meghúzott vetítő-vonal metszi ki a CaCO_3 -skálán az oldott közetmennyiségek értékét, az adott hőmérsékletnek megfelelő görbén pedig az ehhez tartozó kötött és járulékos CO_2 mennyiség együttes értékét.

B. példa:

A budapesti Lukács fürdő IV. sz. forrásának hőmérséklete 60°C , HCO_3^- -tartalma 550 mg/liter. A közelben lévő Malomtavi-forrás hőmérséklete 25°C , HCO_3^- -tartalma pedig 450 mg/liter. Mekkora lesz a keveredési korrózió, ha a két forrás vize 1:1 arányban keveredik és nincs felettük szabad légtér? /Szabad légtér esetén ugyanis további változást okoz az azzal történő gázcsere/.

Megoldás: A 2. sz. grafikon használatát a magyarázó ábrán szemléltetjük. Az egyik forrás 450 mg/l HCO_3^- -tartalmát kifejező értéket felvetítjük /1/ a kötött CO_2 tartalmat jelző egyenesre. A metszéspontból húzott /2/ vízszintes a CaCO_3 skálán kimetszi a 368 mg/l értéket, ami kb $20,5 \text{ nk}^\circ$ -nak felel meg. Ugyanez a vízszintes vonal a 25°C jelzésű görbéig meghosszabbítva /3/ kimetszi a folyadék teljes CO_2 -tartalmát, 294 mg/l-t, az a jelű pontnál.

A hőmérsékleteket jelző görbéken kapott a és b pontokat egyenessel kötjük össze. Az 1:1 arányú keveredésnek megfelelően a keverék CO_2 tartalmát az egyenes c felezőpontja jelzi. A c pontból húzott /7/ vízszintes a CaCO_3 tengelyen kimetszi a keverék pillanatnyi mésztartalmát.

Az oldat hőmérséklete 1:1 arányú keveredésnél $(60+25)/2 = 42,5^\circ\text{C}$ lesz. A c pont felett egy rövid szakaszon interpolálással meghúzzuk a $42,5^\circ\text{C}$ -nak megfelelő görbeszakaszt. Erre felvetítjük /8/ a c pontot. Eredményül a d pontot kapjuk. A vetítés függőlegesen történik, hiszen a keveredés után a keverék CO_2 -tartalma változatlan marad. A többletként jelentkező agresszív CO_2 viszont a kőzetből feloldja az újabb egyensúlyi helyzetnek /d pont/ megfelelő többlet CaCO_3 -t, amit a c-d egyenes-szakasz fejez ki. Esetünkben ez 36 mg/liter, vagy-

is minden m^3 vízzel 36 gr többlet mészkő-oldást jelent. Ez a folyamat a keveredési korrózió.

Ha nem 1:1 arányban keverednek a vizek, akkor a c osztópont az összekötő egyenesen a nagyobb arányú komponenst jelző végponthoz kerül közelebb. Az $a_c : c_b$ arány fog megfelelni a két komponens egymáshoz viszonyított arányának. Vigyázzunk és a közös hőmérséklet kiszámításánál is súlyozással vegyük figyelembe a komponensek arányát.

A 2.sz. grafikont felhasználhatjuk változatlan CO_2 tartalmú víz lehülése során fellépő korrózió, illetve felmelegedése során kiváló mészmennyiségének meghatározására is. Ilyenkor a CO_2 tartalomnak megfelelő függőleges mentén lépünk az egyik hőmérsékleti vonalról a másikra.

A tisztán hőmérsékleti keveredési korrózió, azonos CO_2 tartalmú oldatok esetében igen kis érték, grafikonunkról már nem olvasható le.

Példánkban eddig csak CaCO_3 -ról beszéltünk, pedig a karsztvizekben Mg^{++} -tartalom is van. Mivel az MgCO_3 oldódásánál a járulékos CO_2 értéke eltér a CaCO_3 oldódásához szükséges járulékos CO_2 -tól, külön feladat lesz a tiszta MgCO_3 oldódására, valamint a Ca- és az Mg- hidrokarbonát kevert oldódására vonatkozó grafikonok kidolgozása. Erre azonban még nem rendelkezünk elegendő adattal.

3.sz. grafikonunkon a kötött CO_2 és a járulékos CO_2 arányát tünteti fel a különböző keménységű vizekben. Ez a grafikon logaritmikus beosztása folytán éppen abban a tartományban használható a legjobban, ahol - a kis keménységű vizeknél - a 2. sz. grafikon már nem ad pontos értékeket. A függőleges skálán logaritmikus léptékben a járulékos CO_2 értékei szerepelnek, a vízszintes skálán pedig lineáris léptékben a hőmérséklet. A ferde egyenesek különböző keménységű, tehát különböző kötött CO_2 tartalmú vizekhez tartoznak.

Az 1., 2., és 3.sz. grafikonok együttes használatát a C. példán mutatjuk be.

C. példa:

A Molnár János barlangból kifolyó 25°C -os víz a szifon mögötti zárt térségből kilépve érintkezésbe kerül a $0,0003\text{ atm}$. CO_2 parciális nyomású szabad levegővel. Ha van idő az egyensúly beállítására, és a hőfok közben nem változik, mennyi mészkő fog kiválni a forrás vizének 1 m^3 -éből?

Megoldás: Az 1.sz. grafikonból megállapítottuk, hogy a $8,0$ térfogat %-nyi CO_2 -nek 120 mg/liter járulékos CO_2 felel meg a folyadékfázisban. A 3.sz. grafikonon a 25°C -nak megfelelő függőleges vetítővonal és a 120 mg/l járulékos CO_2 -nek megfelelő vízszintes vetítővonal éppen a 20 nk° -nak megfelelő vonalon metszik egymást. Ez a keménység a 2.sz. ábra függőleges skálája szerint megfelel 357 mg/l CaCO_3 tartalomnak. /Ez a légelemzésből kiindulva kapott érték egyébként igen jól megfelel a víz-elemzésből kapott 368 mg/liter CaCO_3 tartalomnak./

A szabad légtérrel való tartós érintkezés utáni helyzetre a víz járulékos CO_2 tartalmát ismét az 1.sz. grafikonból állapítjuk meg. A 25°C -nál kiinduló függőleges vonal a $0,0003\text{ atm}$ parciális nyomásnak megfelelő grafikonvonalat a $0,44\text{ mg/liter}$ járulékos CO_2 magasságában metszi. A 3.sz. grafikonon $0,44\text{ mg/liter}$ járulékos CO_2 értéktől húzott vízszintes és a 25°C -nak megfelelő függőleges metszéspontjában kb. $3,1\text{ nk}^{\circ}$ értéket interpolálhatunk. Ez az érték a 2.sz. grafikon függőleges skáláján kb. 55 mg/liter CaCO_3 tartalomnak felel meg. /Természetes körülmények között a víz csak ritkán érheti el ezt az alacsony értéket, lásd a cikk befejező részét./

A Molnár János barlangból kifolyó víz tehát $357 - 55 = 302\text{ mg/liter}$ CaCO_3 -t ad le literenként, köbméterenként tehát $1/3\text{ kg}$ kőzetet.

A három grafikon kombinált alkalmazásával természetesen más hasonló jellegű feladatokat is könnyen elvégezhetünk.

A számítások pontosságát befolyásolja az, hogy a MgCO_3 oldódásának törvényszerűségeit nem vettük figyelembe. Így hallgatólagosan elkövettük azt a hibát, hogy az analízisben szereplő HCO_3^- -hoz csupán a Ca^{++} -ot rendeltük kationként. Pedig a budapesti források vizében $1/3 - 1/4$ résznyi Mg^{++} is jelen van.

Különböző $\text{Ca}^{2+}\text{-Mg}^{2+}$ arányú vizek keveredése nyilvánvalóan ugyan-csak az egyensúly megbomlását eredményezi akkor is, ha HCO_3^- -tartalmuk, tehát keménységük azonos volt, ugyanis a járulékos CO_2 mennyisége különböző az egyes kationok esetében. Ez a jelenség a keveredési korrózió eddig ismert két alapváltfajához: a töménységi- és a hőmérsékleti keveredési korrózióhoz újabb korróziótípust ad.

Felhívjuk a figyelmet, hogy a grafikonok kizárólag a beállt egyensúlyi helyzetekre vonatkoznak. Az egyensúlyi helyzet beállása aszimptotikus folyamat, vagyis a végállapotot egyre lassabban közelíti. Sebességét azonban számos tényező befolyásolja. Például a légtér és a folyadék közötti CO_2 -cseré esetében döntő a víz és a légmozgás sebessége, turbulenciája, a víz és a légréteg vastagsága, hőmérséklete, az érintkezési felület nagysága stb. A felszínalatti járatból felszíni vízfolyásba kerülő karsztvizekben gyakorlatilag sohasem áll be a CO_2 -egyensúly, mert a felszíni vizekben mindig van korhadó szerves anyag, amely az eltávozó széndioxidot pótolja. A mész kicsapódását viszont fenti tényezőknél túl, döntő mértékben befolyásolja a víz tisztasága is. Kristályosodási göcök nélkül ugyanis a víz teltelítődhet, és ebben az állapotban hosszú ideig megmaradhat. Fentiekén kívül a kicsapódást befolyásolják még a kicsapódó anyag kristálmódosulatait /kalcit, aragonit, vaterit stb./ szabályozó tényezők.

A korróziós folyamatok éppen abban az idő-intervallumban játszódnak le, amíg az egyik egyensúlyi helyzetből a másikba való áttérés megtörténik. Az áttérés sebességét befolyásoló számos tényező elméleti számításokkal alig közelíthető, csupán a tendenciák becsléséről lehet szó. Ezért ha a korróziós folyamatok időbeli és így térbeli lefolyására vagyunk kíváncsiak, véleményünk szerint csak természetben végzett mérésekre, illetve modellszerű kísérletekre lehet támaszkodni. Az elméleti számítások csupán elősegíthetik a mért értékek interpolálását vagy extrapolálását.

BALÁZS D. /1964/: Karsztkorróziós problémák,
Kézirat.

BALÁZS D. /1965/: A karsztkorrózió általános kémiai vonatko-
zásai. Karszt- és Barlang III.

CZÁJLIK J. - CSER F. /1963/: Megjegyzések a hidrosztatikai
nyomásváltozáson alapuló cseppkőképződési elméletéhez.
Karszt- és Barlang I.

ERNST L. /1961/: A karsztvizek telítettségéről.
Karszt- és Barlang I.

ERNST L. /1965/: A keveredési korrózió kérdéséhez.
Karszt- és Barlang II.

GÁNTI T. /1957/: Barlangok keletkezésének kémiai vonatkozásai.
Hidrológiai Közlöny, 3.sz.

JAKUCS L. /1971/: A karsztok morfogenetikája.
Akadémiai Kiadó

MARKÓ L. /1962/: A barlangi légáramlás szerepe a karsztbar-
langok képződésénél, Karszt és Barlang I.

MÜLLER P. /1971/: A metamorf eredetű széndioxid karsztkorró-
ziós hatása. Karszt- és Barlang II.

Dr. Markó László akadémikusnak, a cikk lektorának észre-
vételei

A valóságban a CO_2 az alábbi formákban van oldatban:

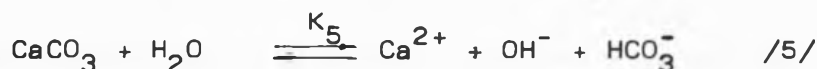
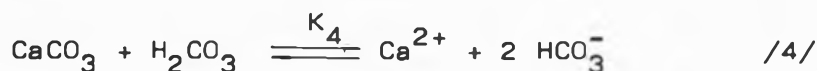
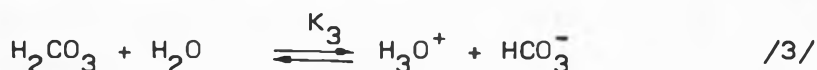
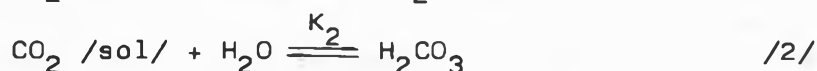
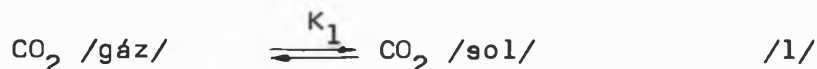
CO_2 /sol/ = fizikailag oldott CO_2

H_2CO_3 = szénsav

HCO_3^- = hidrogénkarbonát ion

CO_3^{2-} = karbonát ion

Ha a legutolsót a csak kalciumot tartalmazó vizeknél elhanyagoljuk /ezt talán szabad/, akkor a következő egyensúlyok állnak fenn CaCO_3 , CO_2 és H_2O jelenlétében:



A "kötött CO_2 " definíció szerint a $\text{Ca}/\text{HCO}_3/2$ képlet által megkivánt egyik HCO_3^- a másikat a " CaCO_3 hozza", annak még neve sincs. A "járulékos" CO_2 pedig az, amit megkapunk, ha az összesből levonjuk a $2 \text{CO}_2/\text{Ca}$ -ot. Ha nincs kalcium az oldatban, az oldott CO_2 , H_2CO_3 és HCO_3^- összege a CO_2 parciális nyomással az /1/, /2/ és /3/ egyensúlyokon keresztül egyenesen arányos. Erre vonatkozik az 1. ábra.

Ha CaCO_3 oldódik fel, a viszonyok bonyolultabbak, de a /3/, /2/ és /1/ egyensúlyok akkor is érvényesek maradnak. Itt most főleg a /3/ az érdekes, mert a CaCO_3 feloldódása a H_3O^+ és HCO_3^- koncentráció megváltozása révén fejti ki hatását. A kérdés tehát az, hogy az új helyzetben kialakuló $\text{CO}_2/\text{sol/}$, H_2CO_3 és HCO_3^- koncentrációk összege más lesz-e, mint desztillált víz esetében.

Mivel a P_{CO_2} nem változott, nyilvánvalóan nem változhat a $\text{CO}_2 \text{ /sol/}$ mennyisége sem, hiszen K_1 állandó; ugyanezen megfontolás alapján nem változhat a H_2CO_3 mennyisége sem, mert

ezt meg a /2/ egyensúly az oldott CO_2 koncentrációjához köti hozzá. Marad tehát a HCO_3^- .

Ennek mennyisége persze erősen megnő: feloldódik az oldatban CaCO_3 a /4/ egyensúly által megkívánt mértékben és egyben a pH /tehát a H_3O^+ / is megváltozik az /5/ egyensúly értelmében. Éppen a H_3O^+ /a pH/ csökkenése teszi lehetővé, hogy a HCO_3^- koncentrációja megemelkedjék és ugyanakkor mégis érvényes maradjon a /3/ egyensúly.

A HCO_3^- összkoncentrációjára - némi levezetés után, amit itt nem mutatok be, mert elég bonyolult képletekhez vezet - kimutatható, hogy az a CO_2 parciális nyomás $1/3$ hatványával lesz közelítőleg arányos. Lényegében ugyanez a helyzet a feloldott Ca^{2+} -mal ekvivalens 1 mól HCO_3^- levonása után is, amikor a maradék a "kötött" és "járulékos CO_2 " összegének fog megfelelni. A P_{CO_2} -/kötött + járulékos CO_2 / összefüggés tehát semmi esetre sem lesz lineáris, arra a cikkben közölt monogramok nem használhatók.

Nincs azonban véleményem szerint baj akkor, ha csak a "járulékos CO_2 " mennyiségét vizsgáljuk. Nyilvánvaló ugyanis, hogy az erősen megnövekedett HCO_3^- gyakorlatilag mind "kötött HCO_3^- ", azaz Ca^{2+} -hoz tartozik. Ez az alábbiakból következik:

A szén-sav disszociációs állandója $K_3 = 4,31 \cdot 10^{-7}$ /20°-on/ ami desztillált vízben /amikor $\text{H}_3\text{O}^+ = \text{HCO}_3^-$ / kb 0,07 %-os disszociációt jelent. A HCO_3^- mennyisége tehát már ilyen körülmények között is elhanyagolható a CO_2 /sol/ és H_2CO_3 mennyiségéhez képest. Ha már most a pH csökkenése miatt a H_3O^+ csökken, akkor az ehhez ellen-ionként tartozó ekvivalens HCO_3^- is tovább csökken, azaz a nem Ca^{2+} -hoz kötött HCO_3^- még kevesebb lesz, mint desztillált víz esetében. A HCO_3^- erősen megnő ugyan, de szinte a teljes mennyiség ellenionja a Ca^{2+} lesz, azaz "kötött HCO_3^- "-ként jelentkezik. A "járulékos HCO_3^- " tehát elhanyagolhatóan kicsi lesz, azaz a "járulékos CO_2 " gyakorlatilag csak oldott CO_2 -ból és H_2CO_3 -ból fog állni. Ezek viszont - mint már láttuk - egyenesen arányosak a P_{CO_2} -vel /és azonosak a desztillált vízre meghatározott értékekkel/.

Az összefüggések tehát érvényesek oldott mészkő esetében is akkor, ha a "járulékos CO_2 "-t vesszük figyelembe. A hiba ezek szerint 0,1 %-nál kevesebb.

GRAPHIQUES DE CORROSION KARSTIQUE

par

P. MÜLLER et I. SÁRVÁRY

Resumé

Les graphiques présentés dans cette communication donnent les rapports entre le CO_2 ainsi que le CaCO_3 dissous dans un liquide et la température pour les différents états d'équilibre dans le cas où dans le système étudié il n'y a pas de composants chimiques autres que ceux qui viennent d'être énumérés.

Les graphiques proposés permettent de déterminer avec une précision approximative l'ordre de grandeur des phénomènes de corrosion y compris ceux de la corrosion de mélange jouant un rôle essentiel dans la formation des grottes. Pour illustrer l'utilisation des graphiques, on présente dans l'article aussi des exemples de calculs numériques.

Fig. 1. indique les cas de l'état d'équilibre de CO_2 dans l'eau et dans l'atmosphère en contact avec elle. La ligne correspondant à la pression partielle de CO_2 dans l'air /0,0003 atm/ se trouve tout au fond du diagramme.

Fig. 2 porte sur l'équilibre entre le CO_2 et la roche dissoute dans le liquide. La droite oblique permette d'en déchiffrer directement la quantité du CO_2 fixé qui est toujours directement proportionnelle à la quantité du CaCO_3 dissous, donc à la dureté carbonatique de l'eau. La figure explicative se trouvant au coin droit en bas du diagramme donne des renseignements sur l'utilisation du graphique. Dans l'article on présente un exemple relatif à un cas concret afin d'illustrer la méthode de calcul de la grandeur de la

corrosion de mélange.

Fig.3 indique la variation de la teneur en CO_2 additionnel des eaux de différente dureté en fonction de la température. A cause de son échelle logarithmique le diagramme peut mieux être utilisé dans le diapason des eaux de petite dureté, où la Fig.2 ne donne plus de valeurs précises.

L'application combinée des graphiques permet de résoudre de nombreux problèmes relatifs au sujet de la corrosion karstique.

Présentées sous une forme simplifiée dans l'article, les rapports en question sont traités d'une manière plus détaillée et plus exacte dans la note de l'académicien L. M a r k ó qui a bien voulu réviser la communication.

KARSTOKORODAJ GRAFIKAJOJ

P. MÜLLER - I. SÁRVÁRY

Resumo

La ci tie publikitaj grafikajoj indikas la ekvilibrajn interrilatojn de la CO_2 kontento en la aero kaj likvaĵo, krome de la solvita kvanto de CaCO_3 kaj la temperaturo, supoze ke aliaj kemiaj komponantoj ne ceestas en la sistemo.

Helpe de ci tiuj grafikajoj la proksimuma grandeco de la korodaj fenomenoj estas kalkuleblaj, inter aliaj la grandeco de la miksiga korodo havanta grandan rolon en la grotoformigo. Ekzemploj ankau ni publikas demonstri la uzadon de tiuj grafikajoj.

La 1-a fig. demonstras la ekvilibron de la CO_2 -kvanto en akvo kaj kun li kontakta gaso. La linio koncernanta la parcialan premon de la libera aero /0,0003 atm/ estas videble en la grafikajo plej malsupre.

La 2-a fig. koncernas la ekvilibron de la CO_2 -kontento en la likvaĵo kaj la solvita kvanto da stono. La oblikva linio

demonstras la kvanton de la ligita CO_2 , kiu estas ciam direkte proporcia kun la solvata kvanto da CaCO_3 do kun la karbonata malmoleco de akvo. La desegno en la dekstra malsupra parto de la grafikajo, demonstras lian uzon. Ni publikas konkretan ekzemplon pri la kalkulado de la kvanto de la mik-siga korodo.

La 3-a fig. montras la aldonajan CO_2 -kontenton de akvo pro diversaj valoroj de la malmoleco kiel funkcio de la temperaturo. Tiu ci grafikajo, sekve de sia logaritma gradigo, estas plej bone uzebla por akvoj kun malgranda malmoleco, por kiuj la 2-a figuro ne prezentas akuratajn valorojn.

Multe da taskoj pri la karsta korodo estas solveblaj per la kombinata uzado de tiu ci grafikajoj.

La detalan kaj akuratan traktadon de la interrilitoj, kiuj en la publikajo estas konigitaj en simpligitaj formoj, enhavas la lektoraj rimarkoj de d-ro L. M a r k ó akademiano.

КАРСТОВО-КОРРОЗИОННЫЕ ГРАФИКИ

П. МЮЛЛЕР - И. ШАРВАРИ

РЕЗЮМЕ

Графики, представленные в статье, отражают зависимость между температурой и содержанием CO_2 в воздухе и в жидкой фазе, а также количеством растворенного в жидкости CaCO_3 для различных состояний равновесия, если в системе не участвуют другие химические составляющие, кроме перечисленных выше.

С помощью графиков с достаточной точностью может быть установлена степень коррозионных явлений, в том числе и роль коррозии при перемешивании, играющей большую роль при образовании пещер. В статье в качестве примера использования графиков приводятся и численные примеры.

На рис. 1. изображены равновесные состояния CO_2 , содержащегося в воде и соприкасающемся с ним воздушным пространством. Линия, соответствующая парциальному давлению /0,0003 атм/ свободного воздуха, находится в самой нижней части графика.

Рис. 2 отображает равновесие содержащегося в жидкости CO_2 и растворенной породы. По наклонной линии может быть определено количество связанного CO_2 , которое всегда прямопропорционально количеству растворенного CaCO_3 и соответственно и карбонатной жесткости воды. Поясняющий рисунок в правом нижнем углу графика показывает способ использования графика. В статье для конкретного случая приведен пример расчета величины коррозии при перемешивании.

На рис. 3. отражено содержание дополнительного CO_2 в водах различной жесткости в зависимости от температуры. Этот график вследствие логарифмической шкалы лучше всего может быть использован для вод, имеющих малую жесткость, где рис. 2 не дает точные значения.

При комбинированном применении графиков могут быть решены многочисленные задачи, связанные с коррозией карста.

Более подробный и точный анализ зависимостей, приведенных в статье в упрощенной форме, содержится в лекторских заметках академика д-ра Л а с л о М а р к о.

NEW RESULTS IN THE UNDERWATER RESEARCH OF SPRINGCRATER OF HÉVIZ

by
S. EMBER

Introduction

Héviz, a natural warm-water lake of 5 hectare area fed by a very high yield spring lies in Western Hungary, in the vicinity of few kilometers from the lake Balaton. Besides its unique natural value, Héviz with a water temperature of 29-34⁰ Centigrade is of great balneological importance being one of the biggest spa-center in Central Europe. In addition Héviz is the deepest natural water of Hungary therefore it is a subject of the divers keen interest since a long time. The peat containing black mud turbulating always by the strong current and the high temperature and the deepness cause superpening difficulty for the divers.

In the 60-ies three divers have lost their lifes here, therefore the authorities prohibited diving in the lake, except for research work.

The water yield of the spring feeding the lake decreased to its half value in the course of the past ten years and became only 24 m³/min today. The investigations started in order to clarify the reason of this decrease have supposed that it is caused by the bauxite mining some 40 kms from Héviz. Here, the technology of the ore exploitation applies a significant local depression of carstic water level. The further lowering of the in the mine water level could lead to the total desiccating of the Héviz spring. /1/ /2/.

In the recent years the research work was coordinated by the Research Center for Water Resources Development /VITUKI/. Within this work the underwater research of the Héviz lake and spring system has been conducted by the cave research divers of the AMPHORA Diving Sport Club. The divers have spent about 350 diving hours in the spring crater of the lake taking photos, surveying and observing continuously the changes.

The thorough cognition of Héviz spring system has begun in September 1975, when two divers succeeded to penetrate at 36,5 m depth into a cave passing the narrow spring fissure helping each other against the streaming hot water.

The present shape of the spring crater and of the spring cave

In the middle of the lake Héviz the so called spring crater is surrounded by a spherical sandstone wall, which includes the spring itself in its deepest point - at 36,5 m. /Figure 1./ The sandstone is mostly verticular but the peat-mud covered lake bottom - opposite to the spring at the open part of the semicircle - deepens steeply towards the sandstone wall.

The craterwall above the spring is verticular down till 34 m depth, here it underbends at $45-50^\circ$ upto the spring outlet at 36,5 m depth. The spring outlet itself is a slit of 2,5-3 m width and of 15-35 cm height. Its upper edge is sandstone, while the bottom is formed of a deposit of changing composition. The form of the opening is always changing, because the movement of the deposit - partly bigger pieces of wood, concrete and sandstone - alters the stream conditions from time to time.

The flat section of the spring outlet continues through about 4 meters with a slope of $25-30^\circ$ and leads into an almost perfectly spherically shaped spring cave at 40 m depth. The horizontal section of the springhall has 17 m diameter, 14 m height, with curved walls. The bottom of the springhall is divided into two by a mud saddle. The upper edge of the saddle

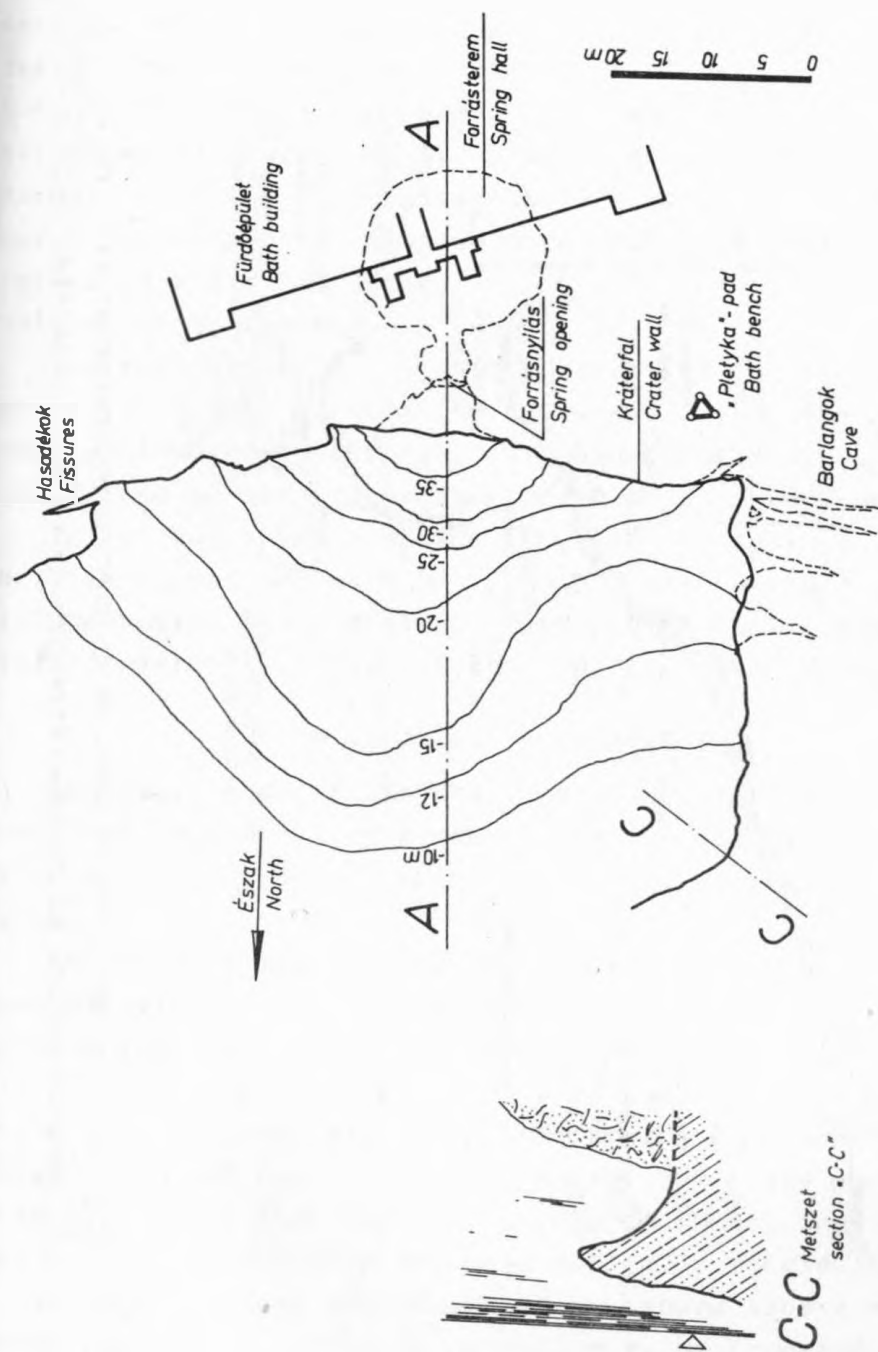


Fig. 1. Top-view of the springcrater of lake Hévíz.

1. ábra: A Hévízi tó forráskráterének felülnézete.

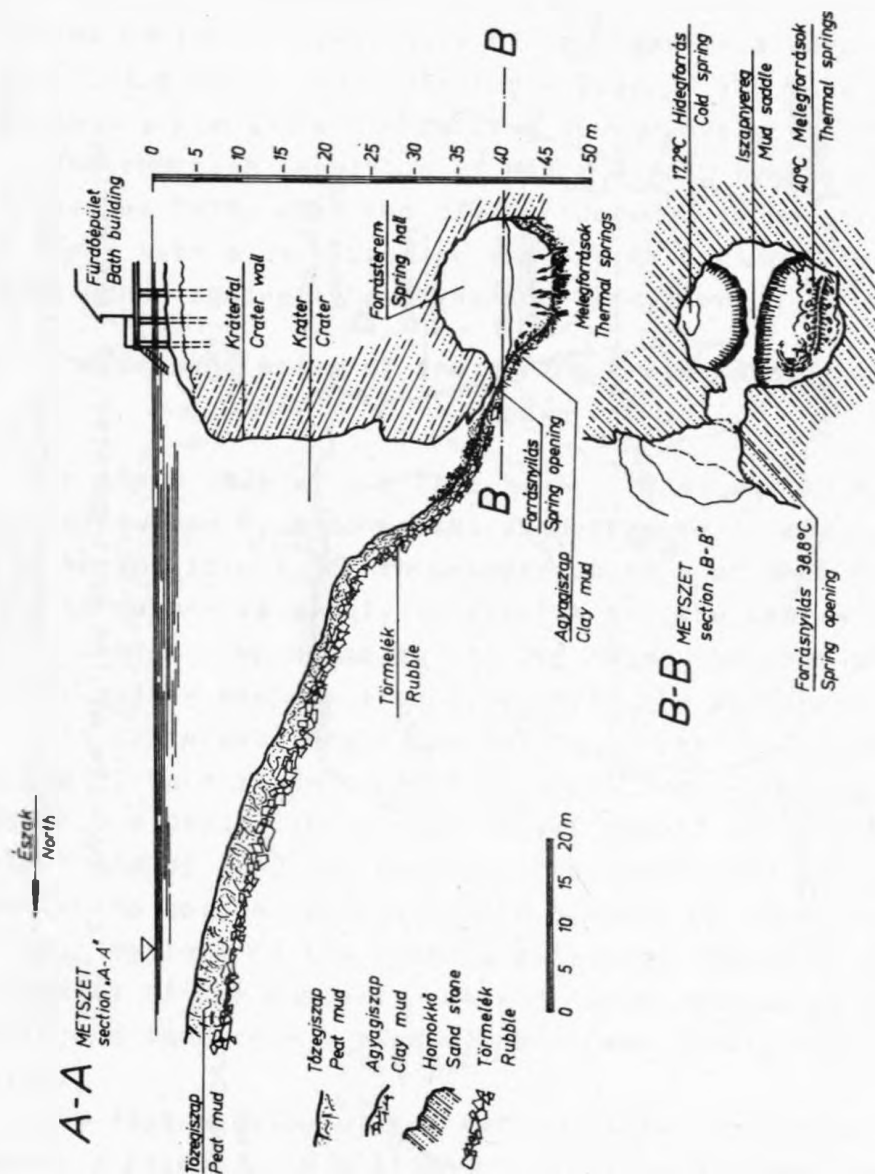


Fig. 2.: The North-South section of the springcrater of lake Hévíz.
2. ábra: A Hévízi tó forráskráterének É-D irányú metszete.

is at 40-41 m depth. The cold water spring /17,2°C/ has its source in its east side at 43 m depth, while the hot water springs /40°C/ are situated on its west side, curved at 46 m depth. The cold water enters from an almost horizontal direction at the wall of the spring cave, while the curve of the hot water springs is at 1,5-3 m distance from the wall, the direction of the inlet is almost vertical. Both waters enter through narrow, impassable clefts. Reckoned on the temperature of the mixed water /38,8°C/, the proportion of the cold water is about 3-5 % /4/.

The spring opening is in the middle of the East-West oriented, 70 m long part of the craterwall. The present upper edge of the craterwall is in 7-9 m depth and disappears at its NE and NW end at the same depth at the peaty lake bottom.

It is remarkable that the E-W oriented part of the craterwall is relatively straight, its both narrowing ends continue in underwater caves /West corner/ and in clefts /East corner/. This formations indicate fissure of East-West direction.

The circulation of peat mud

The peaty moor around the lake is continuously flushed away and eroded by the streaming water. The so called "curative mud" is formed of the peat granules which remain in the lake.

The by peat mud covered lake bottom deepens with 30-40 average sinking towards the spring opening within the area around the crater wall /inside the crater/. The mud slope is in continuous movement. The peat mud which is several meters thick in some places, glides constantly towards the deepest point of the crater, where the powerfully streaming water seizes the peat mud and spreads it in the shallower parts of the lake. Therefore the peat mud is in continuous circulation in Héviz lake and except of the shore line area far away from the spring, there is no stagnant, decomposing mud in the lake. Sometimes it occurs, that a bigger part of the mudslope falls into the spring opening and the bubbling water throws a

huge amount of peat mud to the surface. In such cases the water of the lake becomes turbid because of the spreading floating mud. This phenomenon is called improperly crater eruption.

According to the balneological expertises the "secret" of the curative effect of the lake lies not only in the water temperature and composition, but greatly in the floating peat mud which is, because of the above process, continuously recycling.

The peat mud transports along sediments of larger weight and size during its continuous movement. These settle down at the crater bottom, because the water stream cannot then transport upward to higher waterlevels. Therefore the crater is continuously filled up in consequence of the circulation of the peat mud, but this filling out effect is smaller than the effect of the movement of the so called rubbleslope /see later/.

All debris got into the lake arrive sooner or later to the crater bottom. The debris of the building works of the spa-houses during the past 100 years and the operation rubbish is accumulated in huge quantity around the spring outlet.

The supposed evolution of the spring crater

Those spring craters which are formed in clastic sediments are usually symmetrical and change only their sizes keeping their upwards broadening funnel shape. The present shape of the Héviz spring crater is astonishingly asymmetrical. The spring crater itself is formed on dolomite basis of Triassic age, eroded in a 50 m thick scarcely parashist preformed hard sandstone, deposited in Pontien Age.

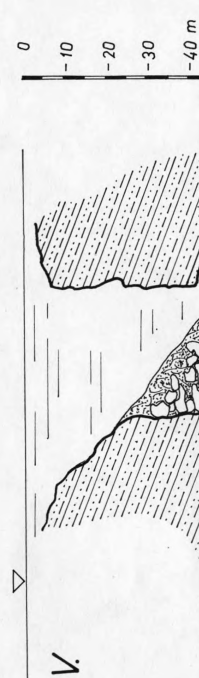
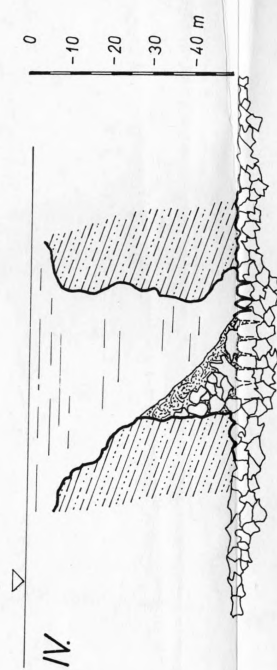
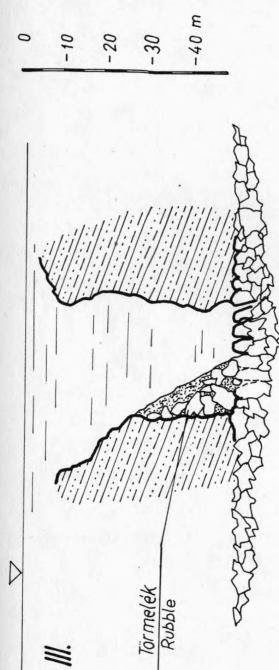
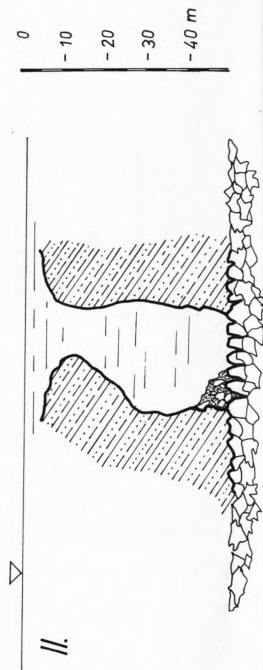
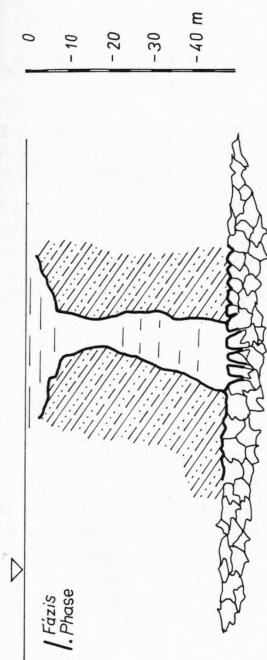
The formation of the asymmetric spring crater in this relatively stable though easily disintegrating sandstone can be explained by the splitting of a cave chamber formed earlier by water. The conditions of the formation were obviously given, as the recently discovered spring cave is a similar formation. The traces of the splitted cave chamber can still be seen, the most appealing is the under bending of the westwards craterwall reminding to a early cave ceiling /Figure 1./ Section c-c./

The supposed process of the spring crater formation is shown on Figure 3. The rise of the spring occurred on the very point where the North-South fracture of the basic rock carrying water has met the East-West directed fracture coming up to the surface. The traces of this fracture are still found in the clefts of the Eastern corner of the present crater wall and in the caves of the Western corner. The water bursting this way /phase I./ started to widen the initially narrow cleft. The corrosive effect of the water and the powerful eroding effect of the sediment excavated an upwards widening recess /phase II./. The recess was continuously vaulted by the further flushing out until a gradual splitting /phase III./. The bigger blocks falling down from the ceiling /vault/ of the cave have suffocated a part of the clefts which were giving water. The water has easily found some other way along the North-South fracture of the dolomite but this way the underwash of the Southern sandstone wall and the shift of the waterburst towards South has started.

The debris falling in from outside further the decomposed sandstone sediment and clay layers have filled out the space between the bigger blocks, thus closing up totally the previously only choked waterbursts and forming the sediment slope similar in shape and composition to the present one /phase IV./. The sediment slope has grown steadily in volume and is still growing. Therefore the waterbursts are forced under the Southern wall by a slow but continuous sliding, where the denudation of a newer hole, of the present spring cave has started /phase V./. The path /outburst path/ between the spring cave and the crater has started to narrow in consequence of the further slide of the sediment slope. Therefore the southwards shift of the waterbursts have begun to show down and this favoured the formation of a bigger, almost globe shaped spring cave /phase VI/.

Further the outlet channel turned to be the largest resistance against water flow. The further sliding sediment slope, the erosive and corrosive effect of the water resulted the up-

N



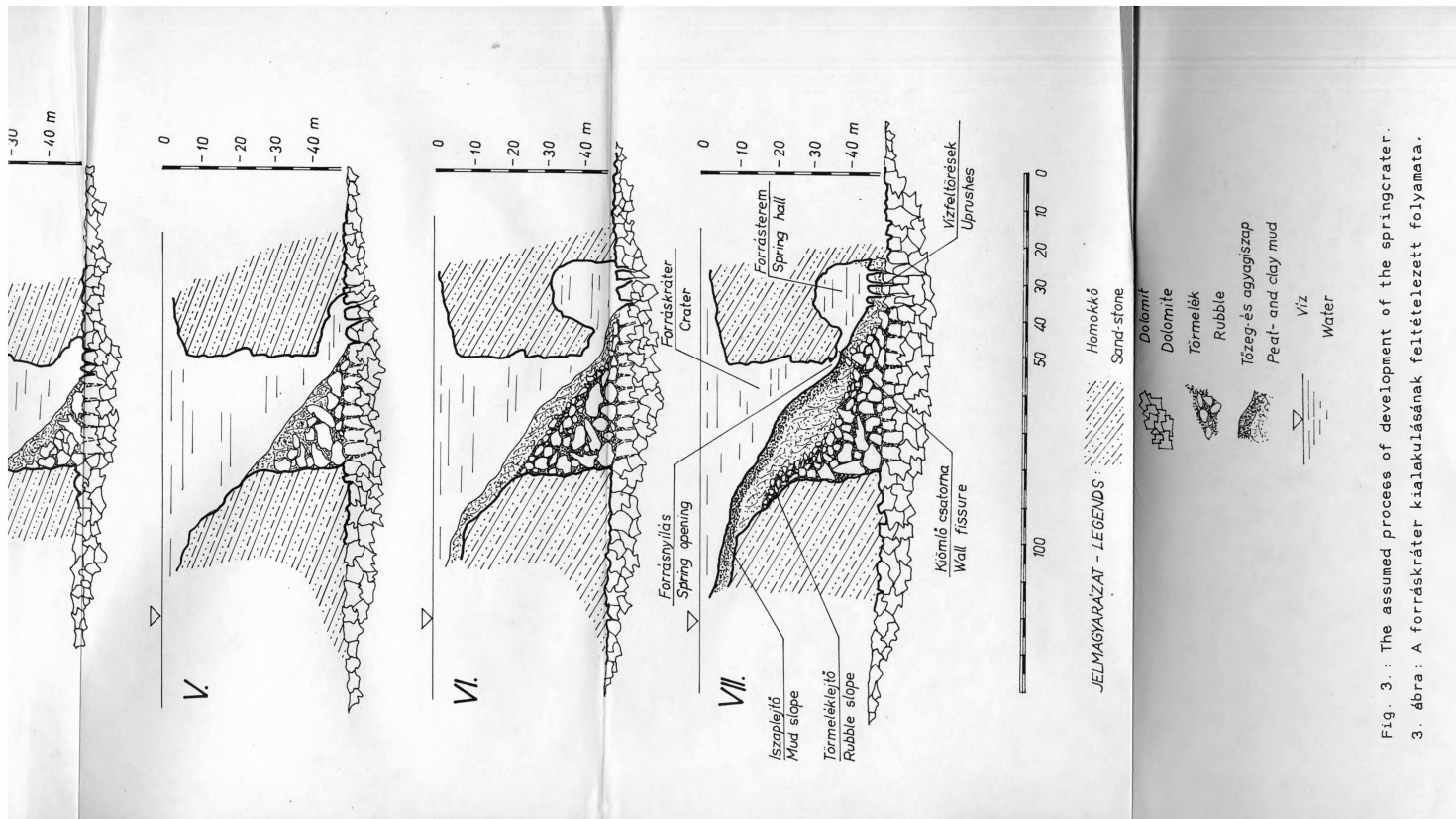
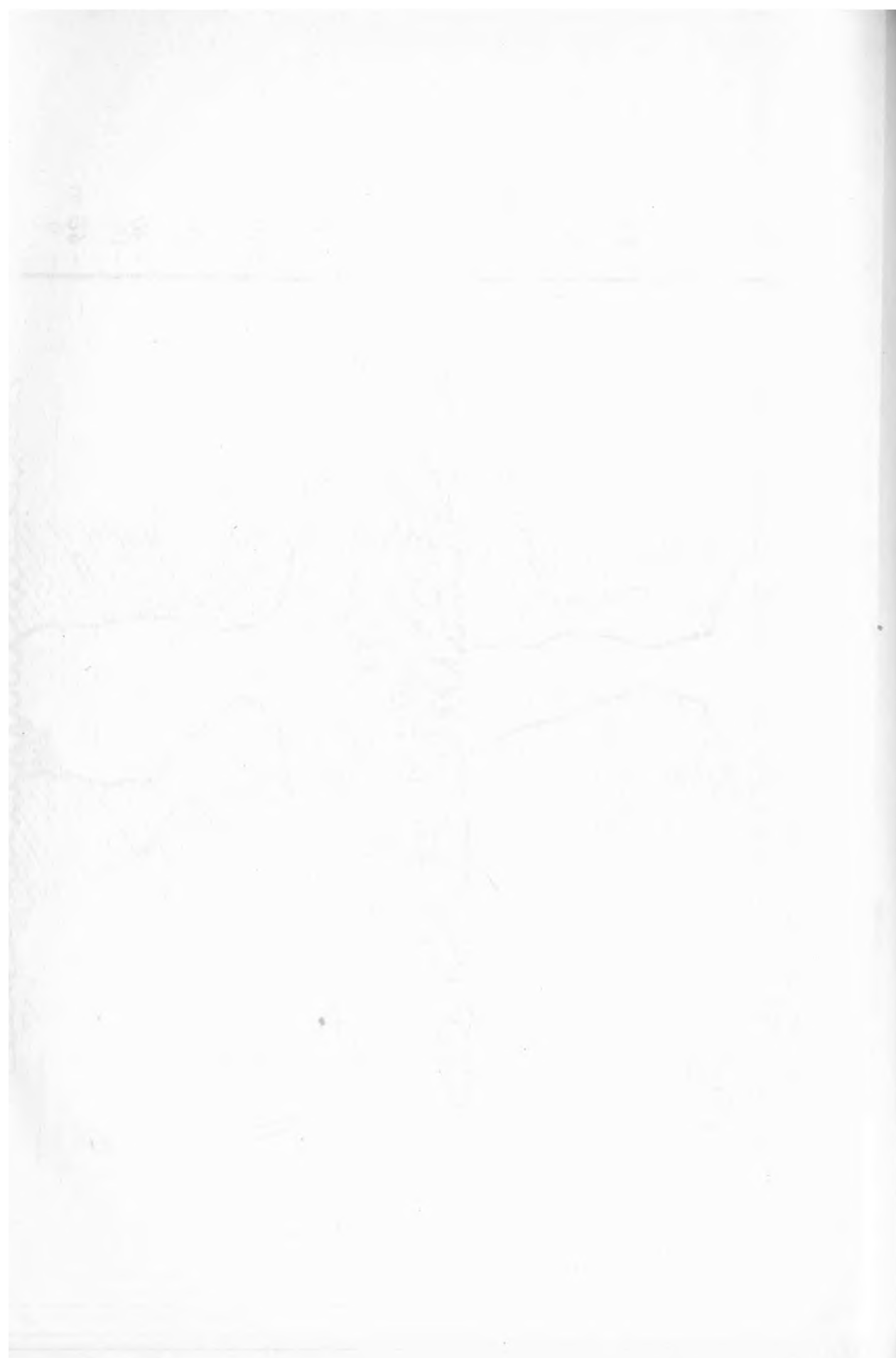


Fig. 3.: The assumed process of development of the spring crater.

3. ábra: A forráskráter kialakulásának feltételezett folyamata.



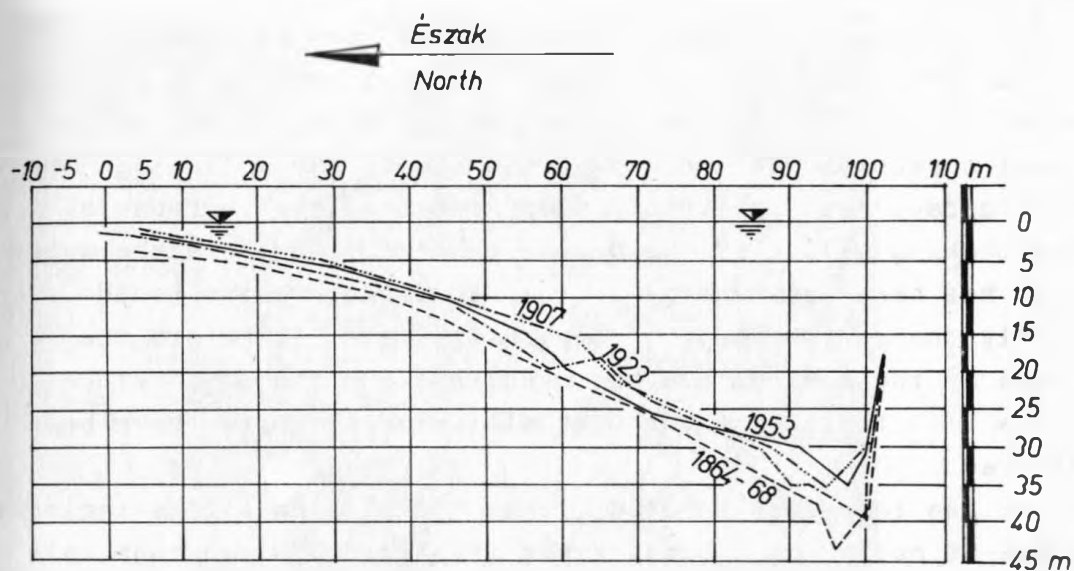


Fig. 4.: The comparing of sections of the crater observed during the last hundred years /9/. The tendency in the siltation of the crater can well be observed.

4. ábra: Az elmúlt száz évben készült kráterszelvények összehasonlítása. /9/ Megfigyelhető a kráter feltöltődésének tendenciája.

wards shifting of the spring outlet which is the entrance of the water flow into the crater /phase VII./. This process is still in course but slowed down because of the diminishing of the water yield.

It is interesting that uprise of the warm water flow is not in the geometric axis of the nearly globe shaped spring cave, but shifted from it with some 5-6 meters into South-West direction. This can be explained by the following: The spring cave has come to a higher pressure level because of the choking effect of the outlet channel, therefore the water flow has here less energy so the decreased erosion could hardly change the shape of the spring cave. Therefore the shape of the spring cave has practically not changed since phase VII. though the outburst places of the water have been shifted.

We can therefore conclude, that the sliding of the sediment slope is not a new process since it played an important role in the formation of the present shape. Figure 4. compairs the surveys prepared during the last hundred years segment profiles taken over from C z i r á k y /9/.

The slow filling up process can well be observed - disregarding the peales which are probably measuring errors. The surveys published here were prepared before the mining. This proves only that the gliding of the sediment slope has been a long lasting process, but the erosive effect of the water could always equilibrate it.

Conclusion

In the crater of Hévíz lake a sophisticated twofold dynamic system has developed:

- the slow gliding of the sediment slope /caused by its volumetric increase/
- the relatively accelerated gliding of the peat mud along the sediment slope.



Fig. 5. The spring outlet. Its upper edge is of sandstone its bottom is covered by great amount of sediments and rubbish. (Photo: I. Plózer)

5. ábra. A forrásnyílás. Felső éle homokkő, alját nagymennyiségű üledék és szemét borítja.
(Fotó: Plózer István)



Fig. 6. Subwater mapping. The diver is measuring with a clinometer at the spring outlet.
(Photo: I. Plózer)

6. ábra. Térképezés vizalatt. A búvár dőlésszög-mérővel a forrásnyílásnál mér.
(Fotó: Plózer István)



Fig. 7. Divers in the spring hall. (Water temperature: 40°C, depth: 46 m.) The layers of the sandstone are well visible in the background. (Photo: I. Plózer)

7. ábra. Búvárok a forrásteremben (vízhőfok: 40°C, mélység 46 m.) Háttérben jól látható a homokkőfal rétegződése. (Fotó: Plózer István)

Both could lead to the filling up of the lake and to the blocking off the spring if the flow becomes weak to keep could not the system in equilibrium. This is manifested in the eruptive work of the water and in the selfcleaning effect of the spring.

In the sake of the exploitation of deeper ore reserves the bauxite mining plans further decrease of the water level, therefore expectidly the karstic water level around Héviz will sink below the water level of the lake by time. This can cause the gradual receding of the warm water springs, eventually their total recede as well. The decrease of the yield of the warm water springs can also lead to the upset of the equilibrium:

- besides the deceleration of the erosion the self cleaning ability of the crater will also decrease and these cause jointly the recede of the spring even before the pressure level of the carstic water would sink under the outflow level.
- two, water systems independent from each other meet in the spring cave. The spring temperature of $38,8^{\circ}\text{C}$ is a result of the mixing of a thermal karstic water of 40°C and of a cold one of $17,2^{\circ}\text{C}$. /This is probably not the only communication between the two water systems./

Therefore the decrease in the pressure the thermal karstic water will mean the tapping of the cold one which can cause the temperature decrease of the total water reserve around Héviz. This means that the temperature and the composition of the artificial wells of Héviz Hospital and Curehouses will also be altered. The function of the spring system can be temporarily maintained by the cautious cleaning of the spring crater, taking great care to keep the present slope. This is only a symptomatic treatment, because the final resolution can only be the preventing of the decrease of the karstic waters around Héviz. To continue the mining is of great importance for the national economy therefore the local water

exploitation is necessary. But the feedback of the exploited water into the adequate place could hinder the extension of the depression towards Héviz.

Another solution can be applied by following the depression of thermal carst water level in wells equipped with submergible pumps. We cannot replenish the lake by this method but we can assure the continuous thermal water utilization for the spa institutions and conserve the whole recreation area. /lo/.

REFERENCES

- 1./ Dr. BÖCKER TIVADAR: A nyirádi aktiv víztermelés hatásának vizsgálata, különös tekintettel a hévizi tóforrásra.
/The investigation of the effect of the active water exploitation at Nyirád especially on the spring of Lake Héviz/
VITUKI III. 4. 3. 34. 1975.
- 2./ SZILÁGYI GÁBOR: A nyirádi karsztvízszint-süllyesztés hatása a hévizi tóforrás működésére.
The effect of the lowering the karst waterlevel at Nyirád on the functioning of the Héviz lake spring
/BKL Bányászat, 1976. 12./
- 3./ Dr. KORIM KÁLMÁN - LIEBE PÁL: Héviz-fürdő környékének mélységi vizei
Abyssal waters of the surroundings of Héviz
/Vizügyi Közlemények, 1970. 3./
- 4./ Dr. BÖCKER TIVADAR: A szénbányászattal kapcsolatos karsztvíz kérdések.
Problems of karstwater related to coal mining activity
/VITUKI Tudományos Napok, 1975/

- 5./ HORÁNYI - Dr. SUGÁR: Vizsgálatok a hévizi tó utánpótlási viszonyairól.
Investigations of the supply conditions of Héviz lake
/VITUKI Tudományos Szemle, 1975.1./
- 6./ Dr. BÜCKER TIVADAR: Balatonkörnyéki karsztvizek mennyiségi és minőségi védelme
The quantitative and qualitative protection of the karstwaters of the Balaton surroundings.
/Magyar Hidrológiai Társaság "Balatoni Ankét" 1976/
- 7./ PLÓZER ISTVÁN: Könnyűbúvárok Hévizen
Skindivers in Héviz
/Delta, 1976. 5./
- 8./ CZIRÁKY J.: A hévizi tó forráskráterének búváros vizsgálata
The investigations of the spring crater of Héviz by divers
/Hidrológiai Közlöny, 1954. 5-6./
- 9./ CZIRÁKY J.: A hévizi tómeder felmérése
Surveying of the lakebed of Héviz
/Hidrológiai Közlöny, 1957, 1./
- 10./ Dr. MÜLLER PÁL: A dunántúli bányaművelések hatása karsztvizeinkre
The effect of the Transdanubian mine exploitations on our karstwaters
/Magyar Karszt- és Barlangkutató Társulat, 1974./

A HÉVIZI FORRÁSKRÁTER VIZALATTI KUTATÁSAINAK UJABB

EREDMÉNYEI

EMBER S.

Összefoglalás

A Hévízi-tó Magyarország legmélyebb természetes vize, ezért érthető, hogy a búvárokat már régóta érdekelte a különleges vizalatti forráskráter megismerése. A hatvanas évek végén a vizalatti kutatások félbeszakadtak, mert a három halálos búvárbaleset miatt a hatóságok a tóban való merüléseket betiltották.

A tavat tápláló $38,8^{\circ}\text{C}$ hőmérsékletű forrás vízhozama az elmúlt években erősen lecsökkent, és ma már "mindössze" kb $23 \text{ m}^3/\text{perc}$. A kutatások feltételezik, hogy a vízhozamcsökkenést a Héviztől 40 km-re lévő nyirádi bauxitbányának a mélyebb érckészletek kitermelése érdekében létrehozott intenzív karsztvízszint csökkentés depressziójának Héviz irányú terjedése okozza /1/ /2/.

A tó megmentése érdekében kezdett újabb kutatásokat a Vízgazdálkodási Kutató Intézet /VITUKI/ irányítja, ezen belül a vizalatti kutatásokat az AMPHORA Könnyűbúvár Sport Klub végzi. A hévízi forrásrendszer alapos megismerése akkor kezdődött, amikor 1975. szeptemberében két búvárnak az erősen áramló forró víz ellenében egymást segítve sikerült először beúszni a 36,5 méter mélyen lévő forrásnyílón át a forrásterembe. Azóta a búvárok kb 350 merült órát töltöttek a Hévízi tó forrásrendszerében.

Az 1. és 2. ábra mutatja a Hévízi tó forrásrendszerének felülnézetét és É-D irányú metszetét. A közel függőleges homokkőfal határolja körbe az ún. forráskrátert, melynek legmélyebb részén /36,5 m/ van a 2,5-3 m széles, 15-35 cm magas forrásnyílás. A forrásnyílás utáni szűk kiömlő csatorna

40 m mélyen a gömbalakú forrásterembe torkollik.

A forrástermet egy iszapnyereg osztja ketté, melynek egyik oldalán 43 méteren függőleges szűk hasadékokból tör föl a 40°C hőmérsékletű meleg víz, másik oldalán pedig a 17,2°C-os hidegvíz. A kettő keveredéséből adódik a 38,3°C forráshőmérséklet.

A tó környékén lévő tőzeges lápot az áramló víz folytonosan pusztítja. A tóban maradó nagyobb szemcséjű korpaszerű tőzegeből képződik az ún. gyógyiszap.

A helyenként több méter vastag tőzegiszap a kráter 30-40° dőlésű rézsűjén folytonosan csúszik a forrásnyílás felé, de az erősen áramló víz az iszapot felkapja és felsőbb vizrétegekben szétteríti. A tó balneológiai értékét az állandó körforgásban folyton felfrissülő gyógyiszap nagyban emeli. Az iszap között lévő darabos üledéket /fa, kavics, homok, stb./ a víz nem képes az iszappal együtt felkapni, ezért ezek lerakódva a kráter lassú feltöltődését okozzák.

A 3. ábra a forráskráter feltételezett kialakulását szemlélteti. Maga a forráskráter a triász kori dolomitos alapkőzetre települt, mintegy 50 m vastag, nagyrészt kemény, helyenként vékony agyagpalával rétegzett homokkőből álló pannóniai összletben képződött. Ebben a viszonylag állékony, de mégis könnyen málló homokkőben a feltűnően aszimmetrikus forráskráter kialakulása leginkább egy, a víz által kimosott barlangterem felszakadásával magyarázható. A felszakadt barlangterem nyomai több helyen megfigyelhetők, melyek közül szembetűnő a Ny-i kráterfal barlangi mennyezetre emlékeztető aláhajlása /1. ábra C-C metszet/. A barlangi terem felszakadásával kialakult az ún. üledéklejtő, amelyik tömegében folytonosan gyarapodva a vízfelfakadási helyeket D-felé kényszerítette. A vízfelfakadások a D-i homokkőfal alá kényszerülve kialakították a mai forrástermet. Az üledéklejtő további csúszása a kiömlő csatorna szűkületét okozza. Mivel a víz számára ez jelentette a nagyobb ellenállást, a forrásterem növekedése lelassult, és elkezdődött a forrásnyílás fölfelé való kimosódása. Ez a folyamat jelenleg is tart. Ezt igazolják a 4. ábra szelvényrajzai, amelyek az utolsó száz év felmérései

alapján a kráter feltöltődési tendenciáját mutatják, jóllehet mindegyik a vízhozamcsökkenés előtt készült.

Következtetések

A Hévízi tó kráterében egy bonyolult kettős mozgási rendszer alakult ki:

- az üledéklejtő lassú csúszása /amit tömegében való gyarapodása okoz/ és
- a tőzegiszap viszonylag gyorsabb csúszása az üledéklejtőn.

Mindkettő a tó feltöltődéséhez, illetve a forrás eltömődéséhez vezetne, ha a víz nem tartaná fenn a rendszer egyensúlyát. Ez részint a víz eróziós munkájában, másrészt a forrás öntisztító hatásában nyilvánul meg.

A mélyebb érckészletek kitermelésének érdekében a bauxitbányászat további vízszint csökkentést tervez, melytől idővel a Hévíz környéki karszt-vízszint várhatóan a tó mederszintje alá süllyed. Ez a meleg források fokozatos apadását, esetleg teljes megszűnését okozhatja. A meleg víz források vízhozamcsökkenése az egyensúly felborulásához vezet:

- a lelassuló erózió mellett a kráter öntisztulási képessége erősen lecsökken és ez együttesen a forrás elapadását okozza, még mielőtt a karsztvíz nyomásszintje a kifolyási szint alá csökkent volna;
- a forrásteremben két egymástól független vízrendszer található és a 40°C -os melegkarszt és a $17,2^{\circ}\text{C}$ -os hidegkarszt keveredéséből adódik a $38,8^{\circ}\text{C}$ -os forráshőmérséklet /a két vízrendszer között valószínűleg nem ez az egyetlen kapcsolat/. Tehát a melegkarszt nyomáscsökkenése a hidegkarszt megcsapolását okozza, ami a teljes Hévíz környéki vízkészlet hőmérsékletcsökkenését eredményezheti. Vagyis a Hévízi Kórház és a Gyógyüdülők mesterséges kútjainak hőmérséklete és vízösszetétele is esetleg megváltozik.

A forrásrendszer működését már átmenetileg is csak a forráskráter óvatos - a jelenlegi rézsüt megtartó - tisztításával lehet fenntartani. Ez azonban csak tüneti kezelés, mert a megnyugtató végleges megoldás csak a karsztvizszint Hévíz környéki csökkenésének megakadályozása lehet. Mivel a bányaművelés folytatása népgazdasági érdek, tehát a helyi vízkitermelés folytatása szükséges. De a kitermelt víz kellő helyen való visszatáplálása a depresszió Hévíz irányú terjedését valószínűleg megakadályozná. /10/.

NEUE ERGEBNISSE DER UNTERWASSERFORSCHUNG DES QUELL-KRATERS
VON HÉVIZ
von

S. EMBER

Zusammenfassung

Der Quell-teich von Hévíz ist eine der berühmtesten Heilbadzentren von Mitteleuropa. Wegen Bergbauaktivität begann die Schüttung der Quelle - dessen Wassertemperatur $38,8^{\circ}\text{C}$ ist - weniger zu sein, und die Gefahr der völligen Austrocknung ist auch eine Möglichkeit, gemäss unsere gegenwärtige Kenntnisse.

Das Quellsystem des Teiches ist von Froschmensen seit Jahren untersucht.

Die Forschungen - die unter sehr schwere Bedingungen ausgeführt sind - haben es gezeigt dass die Verminderung der Schüttung eine Zerstörung des Bilanzen des Quellsystems verursachte, und damit sind diese Vorgänge rascher geworden die möglicherweise auch zur Verschliessung der Quellöffnung führen können.

An hand der morfolologischen Untersuchungen jener Teile des Quellsystems, die unter wasser liegen: versucht diese Artickel

auch das angenommene Entwicklungsprozess des Quellkraters zu erklären.

NOVAJ REZULTOJ DE LA ESPLORADO EN FONTOKRATERO DE HÉVIZ

S. EMBER

Resumo

La lago de Héviz estas unu el la plej famaj kuracbanaj centroj de Meza Eŭropo. Sekve de najbare minekspluato, la akvodebito de la 38,8°C varma fonto nutranta la lagon estas malkreskanta, ĉe laŭ la hodiaŭa kono ankaŭ la kompleta senakvigo estas eble.

De kelkaj jaroj subakvigistoj esploras la fontosistemon de la lago. La subakva esplorado farita ĉe tre malfavoraj cirkonstancoj malkovris, ke la malkresko de la akvodebito malbonigis la ekvilibron de la fontosistemo. Konklude la procezoj, kiuj povas fermi la aperturon de la fonto, rapidigis.

La publikajo desegnas hipotezon pri la elformigo de la fontokratero, sur baze de la morfologiaj esploroj pri la subakvaj partoj de la fontosistemo.

НОВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПОДВОДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ КРАТЕРА ИСТОЧНИКА В ХЕВИЗ

Ш. ЭМБЕР

РЕЗЮМЕ

Озеро в Хевиз является одним из наиболее известных лечебных центров Средней Европы. Под влиянием горных работ, прово-

димых в его окрестностях, дебит источника с температурой $38,8^{\circ}\text{C}$, питающего озеро начал уменьшаться и на основании наших теперешних знаний не исключена и опасность полного его пересыхания.

В течение ряда лет система источника озера исследуется аквалангистами. При подводных исследованиях, проведенных в очень тяжелых условиях выяснилось, что уменьшение дебита вызвало нарушение равновесного состояния системы источника и в связи с этим ускорились те процессы, которые могут привести к возможному завалу жерла источника.

На основании морфологических исследований подводных частей системы источника в статье приводится предполагаемый процесс образования кратера источника.



T A R T A L O M

INHALT - TABLE DES MATIÈRES - CONTENTS
ENHAVO

Oldal

ALLODIATORIS IRMA: Megemlékezés Dr. Boros Ádámról /1900-1973/.....	5
- In memoriam Dr. Ádám Boros /1900-1973/.....	11
KROLOPP, ENDRE: Die mittelpleistozäne, jung- pleistozäne und postglaziale Gastropodenfauna der Felsenische Tarkő.	15
- A Tarkői-barlang középső-pleisz- tocén, felső-pleisztocén és posztglaciális csigafaunája.....	32
- Middle-Pleistocene and Upper- -Pleistocene-Postglacial Gast- ropoda Fauna of the Tarkő-Cave..	36
- Mezpleistocena kaj postglaciala heliko-faŭno de la groto Tarkői.	37
KORDOS LÁSZLÓ: Vizkémi vizsgálatok a Kevély- csoport néhány barlangjában.....	39
- Hydrochemische Untersuchungen in manchen Höhlen der Kevély-Gruppe.	69
- Hidrokémiai esplorok en kelkaj grotoj de la montgrupo Kevély..	70
BALÁZS, DÉNES: Karst studies in the isle of New- Britain.....	73

	Oldal
BALÁZS, DÉNES:	
- Karszttanulmányok Uj-Britannia szigetén	87
- Karststudien auf Neu-Britanien-Insel.	89
- Studoj pri karsto en Novbritio...	90
RÁDAI, ÖDÖN:	
Tafone /"niche"/ formation in carbonate rocks in North Spain.	93
- Tafoni-képződés karbonátos kőzetben, Észak-Spanyolországban.	101
- Tafoni-Bildung in Karbonatgesteinen in Nord-Spanien.....	104
- Tafono-elformigo en elkarbonataj petroj, en Nordhispanio	105
BAJOMI, DÁNIEL:	
Les éléments écologiques de la grotte "Meteor".	107
- A Meteor-barlang ökológiai tényezői.	134
- The ecologic factors of the Meteor-cave.	137
- Ekologiaj faktoroj de la groto Meteor.	138
KÖRMENDI, ALPÁR:	
Geophysical investigation of subsurface cavities and inhomogenities.	141
- Felszínalatti üregek, inhomogenitások vizsgálata geofizikai módszerekkel.	176
- Untersuchung von unterirdischen Hohlräumen, Inhomogenitäten mit geophysikalischen Methoden.	177

KÖRMENDI, ALPÁR: - Exploro de subteraj kavernoj kaj malhomogenaĵoj per geofizikaj metodoj.	178
KUN-BIRÓ, ZSUZSA: Geophysical model-experiment for prospecting subsurface cavities.....	181
- Geofizikai modellkísérlet földalatti üregek kimutatásához.	194
- Geophysikalischer Modellversuch zum Nachweis unterirdischer Hohlräume.	197
- Geofizika per modela eksperimento pri la elmonro de subteraj kavernoj.	198
MÜLLER, PÁL - SÁRVÁRY, ISTVÁN: Karstic Corrosion Graphs.	201
- Karsztkorróziós grafikonok.....	214
- Graphiques de corrosion karstique.	225
- Karstokorodaj grafikaj.....	226
EMBER, SÁNDOR: New results in the underwater research of springcrater of Héviz.....	229
- A hévizi forráskráter vizalatti kutatásainak újabb eredményei.....	242
- Neue Ergebnisse der Unterwasserforschung des Quell-kraters von Héviz.....	245
- Novaj rezultoj de la esplorado en fontokratero de Héviz.....	246

Évkönyvünk jobb, szebb és takarékosabb kivitele érdekében kérjük az alábbiak szem előtt tartását.

A dolgozat témáját a szerzők a kézirat végleges elkészítése előtt beszéljék meg a szerkesztőséggel, megállapodva a terjedelemben is. A kidolgozásnál a fogalmazás világos, tömör és magyaros legyen. Mellőzzük a szükségtelen leíró részeket és az ismétléseket. Kerüljük a közbevetett mondatokat, amelyek a szöveget nehezéssé tennék. Az elkészített dolgozatot tartalmilag és stílusban is csiszoljuk többszöri átolvasással.

A kézirat gépirással készítenendő 2 példányban, a papírnak csak egyik oldalára írva. Használjunk ritka /2-es/ sorközt és szabvány méretet: egy lapra 25 sor, egy sorba 50 leütés /betű és szóköz/ kerüljön. Baloldalt hagyjunk 4 cm széles margót. Minél kevesebb utólagos javítást alkalmazzunk. Ezeket a szöveg megfelelő helyére tintával, jól olvashatóan írjuk be. A helyesírásra vonatkozólag az MTA szabályai irányadók. Az írógépen nem szereplő ékezeteket /i, ú, ü stb./ és az idegen ékezeteket pontosan és minden esetben jelöljük.

A felhasznált irodalmat a dolgozat végén szerzői betűrendben soroljuk fel a "Bibliográfiai hivatkozás" /MNOSZ 3497 sz. szabvány/ részletes hivatkozási szabályai szerint. A felsorolt irodalmat sorszámozzuk, és a dolgozat megfelelő helyén zárójelben utalunk a sorszáma és esetleg az oldalszáma.

Illusztrációs anyagot is mellékeljük a dolgozathoz, de csak a szükséges mértékben. A rajzok vagy fehér rajzpapíron, vagy pauszon készüljenek fekete tuszal, a szükséges kicsinyítést figyelembe vevő vonalvastagsággal és betűnagysággal. A fényképekről éles nagyításokat készíttessünk fényes, fehér papíron 9x12-cm-es, vagy ennél nagyobb méretben. Nyomdai sokszorosításra csak kontrasztos képek alkalmasak. Az ábrákat folytatólagosan sorszámozzuk /függetlenül attól, hogy rajzok-e, vagy fény-

képek/ és az ábra szövegeket magyarul és egy idegen nyelven külön lapra gépeljük. Elhelyezésüket a kéziratban is jelöljük meg a margón.

Idegen nyelvű kivonatot is mellékeljük a dolgozathoz /orosz, francia, olasz, német vagy angol nyelven. /Ennek hiányában fordítás céljára megfelelő magyar nyelvű kivonatot készítsünk, mely lehetőleg ne legyen terjedelmesebb a tanulmány 10-15 %-ánál, de annak minden lényeges megállapítását tartalmazza. Idegennyelvű cikkekhez ezenkívül egy bővebb magyar nyelvű kivonat is kell.

Nem megfelelő módon készített kéziratokat a szerkesztőség nem fogadhat el.

S z e r k e s z t ő s é g

